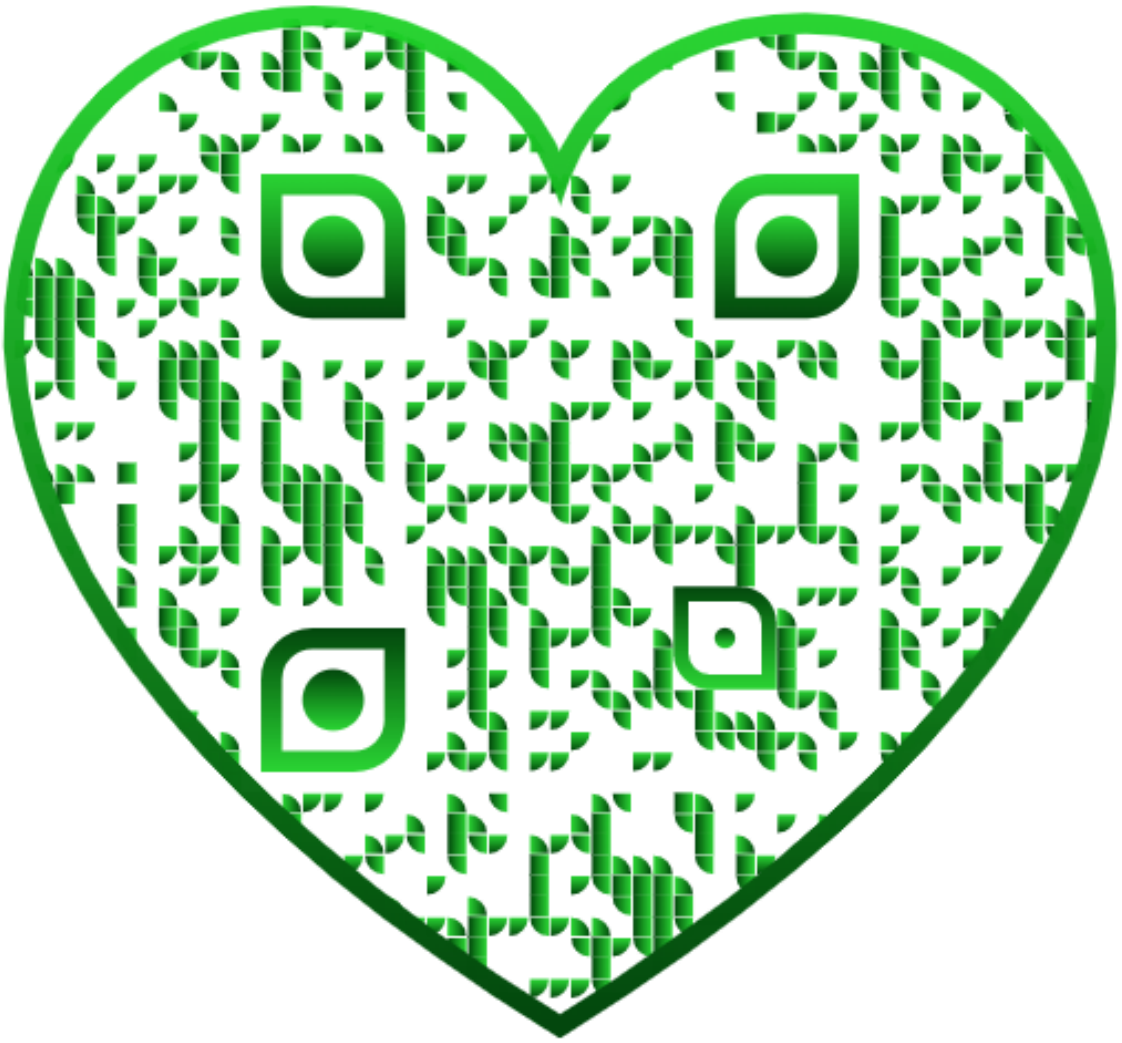
Savoir faire

Le bananier et sa culture

André Lassoudière

éditions Quæ



Le bananier et sa culture

André Lassoudière

Éditions Quæ

Collection *Savoir faire*

Salmonidés d'aquaculture. De la production à la consommation
Camille Knockaert
2006

Analyse du génome et gestion des ressources forestières
Daniel Prat, Patricia Faivre Rampant, Emilce Prado
2006

Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées
Claire Doré, Fabrice Varoquaux, coord.
2006

Acteurs et territoires locaux. Vers une géoagronomie de l'aménagement
Marc Benoît, Jean-Pierre Deffontaines, Sylvie Lardon
2006

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2007
eISBN 9782759200467

Le code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans

autorisation des éditeurs ou du Centre français d’exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

Présentation

Avec plus de 100 millions de tonnes vendues en 2003, la banane dessert occupe le premier rang de la production fruitière. Cependant, la production de banane destinée au marché international est sujette à diverses critiques concernant son impact environnemental et social. Il est donc opportun de proposer des modes de gestion technique et agronomique qui répondent aux préoccupations des professionnels de la filière de la banane pour l'exportation (techniciens, exploitants, etc.).

L'auteur s'appuie sur sa connaissance du terrain et ses travaux de recherche agronomiques pour aborder les différentes composantes techniques d'une culture durable de la banane. Il rappelle tout d'abord les connaissances de la plante et les contraintes parasitaires, ainsi que l'évolution économique récente de ce produit, il présente aussi les concepts de culture raisonnée et de banane biologique. Ensuite, en tenant compte des évolutions récentes tant dans les domaines de la fertilisation et de l'irrigation que dans les domaines phytosanitaires et agronomiques dans plusieurs situations environnementales, il développe tous les aspects de la production depuis la production de matériel végétal sain jusqu'à la mûrisserie : les conditions de mise en culture pour réduire les intrants et donc la pollution ; les pratiques optimales pour obtenir une productivité satisfaisante ; les opérations de conditionnement nécessaires pour garantir la qualité des fruits ; les techniques d'aide à la décision à mettre en oeuvre pour raisonner les pratiques culturales. .

André Lassoudière, ingénieur au Cirad depuis 1967, s'est toujours investi au sein de la filière de la production de banane en tant que chercheur mais aussi d'expert auprès des planteurs et organismes professionnels de ce secteur. Outre ses séjours de longue durée en Côte d'ivoire, au Cameroun et aux Antilles françaises, il a réalisé de nombreuses missions d'expertise dans le mondeEn couverture : Inflorescence et plantation intensive de bananier cv. Grande naine. Inflorescence de *Musa ornata*. Récolte de bananes. Clichés A. Lassoudière, Cirad.

Préambule

Cet ouvrage de synthèse « Le bananier et sa culture » a pour objectif de fournir aux producteurs et techniciens du secteur de la banane, sous une forme synthétique, les connaissances fondamentales nécessaires à la compréhension et à la conduite des diverses étapes de la production de bananes. Il se présente sous forme de six chapitres, qui correspondent chacun à un domaine spécifique de la culture (description générale de la plante, les différents systèmes de culture, les parasites et ravageurs, la culture du bananier, le soin aux fruits, la gestion générale de la production) présentés sous forme de fiches techniques. Un dernier chapitre propose une synthèse générale.

André Lassoudière est le promoteur et le rédacteur de cet ouvrage. Ce livre constitue un résumé du savoir et de l'expérience de ce chercheur, développés au cours de 40 années de sa carrière au Cirad entièrement consacrée à l'amélioration des cultures de bananier. Les nombreuses visites d'exploitations et les expertises de terrain réalisées par A. Lassoudière ainsi que la recherche d'un contact étroit avec les producteurs l'ont aidé à transposer les données de recherche dans la pratique quotidienne en bananeraie.

Les données de l'ouvrage concernent principalement la culture de la banane à la Martinique et en Guadeloupe. Elles bénéficient aussi des expérimentations et observations menées sur d'autres sites, notamment en Afrique.

F. Côte, Cirad
Responsable de l'unité de recherche
Systèmes de culture bananiers, plantains, ananas

Remerciements

L’idée de publier un ouvrage sous forme de fiches techniques pour une culture raisonnée de la banane dessert a pris forme lors de sessions de formation réalisées par le Cirad à la Martinique au cours de l’année 2004 dans le cadre d’une convention avec le Fafsea (Fonds national d’assurance formation des salariés des exploitations et entreprises agricoles). La réalisation de ce document a donc bénéficié indirectement de la collaboration avec cet organisme. Nous l’en remercions vivement.

Les nombreuses rencontres de terrain avec les professionnels du secteur de la banane tant aux Antilles qu’en Côte d’Ivoire, Cameroun et Ghana ont permis (en quarante années !) de très bien lier recherche et pratique, ce qui nous a facilité la rédaction. Je tiens à les remercier de leur accueil et de leur collaboration. La recherche bananière française a maintenant soixante ans, et je voudrais dédier ce travail à Jean Champion qui fut le premier responsable de cette recherche et aussi mon maître.

L’équipe actuelle du Cirad qui se consacre à la recherche bananière m’a beaucoup épaulé et encouragé, je la remercie pour son dynamisme et son professionnalisme. Je tiens en particulier à remercier les collègues du Cirad localisés à la Martinique qui m’ont aidé à rédiger les différents chapitres de cet ouvrage :

– S. Ziane, G. Ornem et L. Thieuleux pour le chapitre sur la connaissance du bananier ;

– Ch. Bugaud et M. Houdart pour le chapitre sur les systèmes de culture ;

– Ch. Chabrier et R.J. Rosette pour le chapitre sur les parasites et ravageurs ;

– R. Achard, G. Ornem et S. Ziane pour le chapitre sur la culture du bananier ;

– Ch. Bugaud, S. Ziane et G. Ornem pour le chapitre sur les soins aux fruits et récolte ;

– Ch. Bugaud, Ch. Chabrier, R. Achard, J. Rosette, S. Ziane, G. Ornem pour le chapitre sur la gestion générale et technique.

Mes sincères remerciements vont également à Ph. Melin et R. Surcouf qui ont bien voulu relire et apporter leurs commentaires sur le manuscrit avec leurs yeux d’experts en culture bananière.

A. Lassoudière

Sommaire

Page de titre
Page de Copyright
Présentation
Préambule
Remerciements
Partie I - Connaissance du bananier
- **Description du bananier**
  - **Tige souterraine ou souche**
  - **Système racinaire**
  - **Pseudotronc**
  - **Système foliaire**
  - **Inflorescence**
    - **Deux types de fleurs**
    - **Le doigt**
- **Classification et diversité génétique**
  - **Famille des musacées**
    - **Les 4 sections du genre *Musa***
    - **Les *Eumusa***
    - **Évolution naturelle des *Eumusa***
  - **Diversité génétique**
  - **Classification et description des cultivars à fruits parthénocarpiques**
    - **Groupe diploïde AA**
    - **Groupe diploïde AB**
    - **Groupe triploïde AAA**
    - **Groupe triploïde AAB**
    - **Groupe triploïde ABB**
- **Amélioration génétique**
  - **Objectifs**
  - **Diversification des programmes de création variétale**
    - **Variétés à cuire**
    - **Bananes dessert d’exportation**
  - **Bases actuelles de l’amélioration variétale**
  - **Processus de sélection et de validation du Cirad**
    - **Phase I de sélection**

- Phase II de sélection
- Phase III d’évaluation
- Phase IV de prévulgarisation
- Disponibilités actuelles au Cirad

Micropropagation
- Sélection et préparation du matériel végétal
- Processus de micropropagation au laboratoire
  - Micropropagation par bourgeonnement in vitro
  - Embryogenèse somatique
  - Réduire la variation somaclonale
- Phase d’acclimatation et de grossissement
- Passage au champ
- Autres utilisations de la micropropagation

Zones de croissance
- Régions de croissance en phase végétative
  - Apex végétatif
  - Limbe
- Passage à la phase de reproduction
- Régions de croissance en phase de reproduction
- Croissance des fruits

Croissance et développement des racines
- Émission des racines
- Développement du système racinaire
  - Densité racinaire
  - Poids frais
  - Longueur du système racinaire
  - Diamètre moyen des racines principales
- Croissance journalière d’une racine principale
- Caractéristiques des racines secondaires
  - Racine primaire sans contraintes
  - Racine primaire se nécrosant
  - Équilibre du système

Croissance et développement des feuilles
- Nombre de feuilles émises
- Caractéristiques des limbes
- Vitesse de sortie des feuilles
  - Émission foliaire

Sortie du cigare
Phases de développement du système foliaire
Croissance et développement de l'inflorescence
Croissance générale de l'inflorescence
Croissance des fruits
Fruit médian de la deuxième main
Gradients de croissance dans le régime
Modèle de croissance du fruit
Croissance et développement des rejets
Succession des générations
Formation et répartition des rejets sur la tige souterraine
Relation entre le pied mère et ses rejets et entre les rejets frères
Comportement du bananier en dehors du premier cycle
Incidence de la croissance et du développement du rejet successeur
Phases de développement
Phase végétative
Phase de jeunesse
Phase végétative indépendante
Phase végétative apparente
Phase reproductive
Phase d'initiation et de différenciation
Phase de croissance générale de l'inflorescence
Phase de croissance des fruits
Nutrition du bananier
Indications générales sur la synthèse végétale
Nutrition
Nutrition azotée
Nutrition en phosphore
Nutrition en potassium
Nutrition en calcium
Nutrition en magnésium
Nutrition en soufre
Nutrition en microéléments
Principales carences minérales du bananier
Symptômes de carence généralisés : carence en azote
Symptômes sur jeunes feuilles

- Symptômes sur vieilles feuilles
- Interactions dans la nutrition minérale
- Immobilisations au cours des cycles, exportations par la récolte
- Besoins en eau du bananier
- Particularités du bananier
- Conséquences des excès d’eau
- Conséquences d’un déficit hydrique
- Circulation de l’eau dans la plante
- Mécanisme de la transpiration
- Quantités transpirées
- Évapotranspiration et stade de la plante
- Recommandations
- Interactions de la plante et du milieu
- Facteurs climatiques
- Température
- Rayonnement
- Vent
- Pluviométrie
- Facteurs édaphiques
- Système racinaire
- Obstacles mécaniques et aération du sol
- Mouvements de l’eau
- Conséquences de l’acidification du sol
- Effet de la matière organique
- Dynamique de l’azote
- Fertilité chimique du sol

Partie II - Systèmes de culture

- Production, exportation et importation
- Production mondiale
- Bananes à cuire
- Bananes dessert
- Exportations mondiales
- Bananes à cuire
- Banane d’exportation
- Importations
- Importations mondiales
- Importations de l’Union européenne

- Production de l’Union européenne
- Quelques points d’histoire du commerce de la banane

Diversité des systèmes de culture
- Systèmes de culture vivriers
  - En touffe
  - En champs éloignés
  - Plantes d’ombrage
- Systèmes de monoculture ou de cultures associées semi-extensifs
- Systèmes de monoculture intensive
- Composantes du rendement brut
- Évolution et bilan des systèmes de culture « traditionnels »
- Vers une agriculture durable
- Définitions

Culture « raisonnée » de la banane
- Fondements de l’agriculture raisonnée
  - Principes
  - Exigences techniques
- Exigences réglementaires
  - Demande de qualification
  - Référentiel
- Application à la culture bananière
  - Pratiques et itinéraires techniques
  - Productivité et pratiques culturales
- Raisonnement et évolution d’un système de culture

Culture de banane « biologique »
- Comment devenir un producteur biologique ?
  - Période transitoire
  - Certification et contrôle par un organisme agréé
  - Identification
- Comment produire biologiquement ?
  - Fertilité et activité biologique
  - Maîtrise du parasitisme
- Production de banane biologique
  - Dans le monde
  - Spécificités de la culture biologique de la banane

Commerce équitable de la banane dessert
- Organisation du commerce équitable

- Labels
- Critères
- Cahier des charges du producteur
- Production et marché
- Pays producteurs et importateurs
- Prix

Système de management de la qualité
- Des normes génériques
- Iso 9000
- Iso 14000
- Certification Iso
- Iso 9000, management de la qualité
- Principes du management de la qualité
- Approche « processus »
- Étapes de la certification

Système de management environnemental
- Certification
- Mise en place
- Principes
- Obligations de l’entreprise
- Exigences
- Politique de protection de l’environnement
- Planification
- Mise en œuvre et fonctionnement
- Contrôles et actions correctives
- La revue de direction
- Règlement européen Éco-audit

Certification de bonnes pratiques agricoles
- Origine d’Eurepgap
- Principes
- Objectifs
- Sécurité alimentaire
- Protection de l’environnement
- Protection sociale, sécurité et santé des ouvriers
- Certification
- Option de certification individuelle
- Option de certification de groupements

- Référentiel pour les fruits et légumes
  - Domaines d'application
  - Exigences majeures
- Signes d'identification et origine des produits
  - Signes officiels français et européens
    - Appellation d'origine protégée, AOP
    - Indication géographique protégée, IGP
    - Spécialités traditionnelles garanties, STG
    - Appellation d'origine contrôlée, AOC
  - Processus d'obtention des signes de qualité
    - En France
    - Autres certifications
- Partie III - Parasites et ravageurs
  - Généralités sur les parasites et les ravageurs
    - Quelques définitions
    - Pourquoi lutter contre les parasites et les ravageurs ?
    - Techniques de détection et d'observation
  - Parasites et ravageurs du bananier : symptômes, techniques de lutte
    - Maladies
      - Maladies fongiques
      - Maladies bactériennes
      - Maladies virales
    - Ravageurs
      - Nématodes
      - Charançons
      - Thrips
      - Autres parasites des régimes
    - Principales techniques de lutte
      - Inconvénients de la lutte chimique
      - Évolution des produits
      - Techniques alternatives
  - Nématodes
    - Nématodes parasites du bananier
      - Espèces
      - Différences entre les espèces
      - Biologie
    - Extraction des nématodes

Extraction du sol
Extraction des racines par centrifugation et flottation
Extraction des racines par aspersion
Dégâts
Endoparasites migrateurs
Autres groupes
Méthodes de lutte
Lutte chimique
Assainissement
Charançons
Description
Biologie
Dégâts
Techniques de lutte
Lutte chimique, facteur de pollution
Adaptation des pratiques culturales
Lutte biologique
Combinaison de pièges à phéromones et d'entomopathogènes
Conditions de l'efficacité de la lutte biologique
Cercosporioses
Description
Cercosporiose jaune (maladie de Sigatoka)
Cercosporiose noire (maladie des raies noires, MRN)
Lutte chimique
Trois groupes de produits
Évolution des traitements
Avertissement biologique
État d'évolution de la maladie
Décision de traitement
Méthodes complémentaires de lutte
Assainissement par ablation des feuilles nécrosées
Ralentir l'évolution de la maladie
Recours aux variétés tolérantes
Partie IV - Culture du bananier
Assainissement et amélioration de la fertilité du sol
En préalable
Parcelle infestée par les nématodes

- Créer un « vide sanitaire »
- Mettre en place une jachère
- Rotation culturale
- Intérêt de la jachère ou de la rotation sur une parcelle saine

Aménagements de la parcelle : circulation de l’eau, transport, brise-vent
- Objectifs
- Maîtrise de la circulation de l’eau
  - Actions préalables
  - Selon le type de sol
  - Réalisation
- Aménagement des pistes
- Brise-vent
- Divers

Préparation des sols
- Objectifs
- Principes, justifications du travail du sol
- Mise en œuvre
  - Adaptation au type de sol
  - Outils recommandés pour le travail du sol
- Incorporation des amendements et des engrais
  - Composts
  - Engrais organiques
  - Amendements minéraux
- Recommandation pour la succession des travaux

Plantation et replantation
- Causes de replantation
- Densité, dispositif et mode de plantation
  - Densité de peuplement
  - Disposition des plants
  - Sens de plantation
  - Période de plantation
- Variétés, plants, homogénéité
  - Choix des variétés
  - Matériel végétal
  - Homogénéité des plants mis en terre
- Limiter les risques phytosanitaires et l’enherbement

- Risque d’infestation précoce
- Contrôle de l’enherbement
- Contamination par la mosaïque en plage (CMV)

Conduite des populations
- Remplacement après plantation
- Œilletonnage de sélection
  - Développement des rejets
  - Principes de l’œilletonnage précoce
  - Cas particulier du premier cycle de vitroplants
  - Cas général des autres cycles
  - Cas des touffes en cercle et principe « 0-3-2 »
- En cours de culture
  - Œilletonnage d’entretien
  - Recépages de fin de cycle
  - Remplacement en cours de culture

Amendements et fertilisation
- Principes
- Besoins
  - Azote
  - Phosphore
  - Potasse
  - Calcium
  - Magnésie
- Apports organiques
  - Amendements organiques
  - Fertilisation organique
- Amendements minéraux
- Fertilisation du premier cycle après plantation
- Fertilisation d’entretien
  - Programme et adaptations
  - Fertilisations azotée et potassique
  - Fertilisations calcique et magnésienne
  - Fertilisation phosphatée

Irrigation, fertigation, entretien du sol
- Irrigation
  - Quelques rappels
  - Pilotage de l’irrigation : ni excès ni déficit

- Types d’irrigation
- Fertigation
  - Avantages et contraintes
  - Choix des engrais et fréquence
- Maîtrise de l’enherbement
  - Période de replantation et jeune bananeraie
  - En bananeraie établie
- Gestion des résidus de culture au champ

Partie V - Soins aux fruits et récolte

- Parasitisme sur fruits du stade fleur pointante à la mûrisserie
  - Dégâts entre le stade fleur pointante et la récolte
    - Insectes
    - Champignons parasites
    - Autres causes de dégâts
  - Dégâts en postrécolte
    - À partir d’une contamination au champ
    - À partir d’une contamination après la récolte
  - Maîtrise de la flore des parasites sur fruits
    - Mesures préventives au champ
    - Mesures préventives après la coupe du régime
    - Traitement postrécolte
- Soins aux fruits du stade fleur pointante à la récolte
  - Qualité commerciale des fruits
  - Formation et taille des fruits
    - Croissance du fruit médian de la seconde main
    - Stade d’intervention pour améliorer la conformation
  - Défauts de croissance liés aux conditions culturales
    - Nutrition
    - Alimentation hydrique
    - Parasitisme
  - Marquage des fleurs pour optimiser la récolte
  - Limiter les pertes quantitatives
    - Pertes dues à la verse
    - Techniques de haubanage
    - Période optimale de haubanage
  - Améliorer la qualité
    - Dégager les inflorescences

- Recépage
- Interventions sur le régime
- Conduite des soins aux fruits au champ

Récolte des régimes : critères, coupe et transport
- Qualité physiologique à la récolte
  - Maturation du fruit
  - Seuil thermique de 14 °C
  - Durée de vie verte minimale
  - Variabilité de la durée de vie verte au champ
  - Variabilité de la durée de vie verte après le conditionnement
- Décision de coupe
  - Grade du doigt médian de la dernière main
  - Somme thermique
- Optimiser le stade récolte
  - Marquage de floraison
  - Récolte et transport jusqu'au hangar
  - Conditionnement et transport du hangar au port
- Coupe des régimes
- Transport des régimes
  - Transport manuel au champ
  - Du champ à la station

Composantes de la qualité des fruits, recommandations
- Caractéristiques minimales des fruits
- Défauts sur les fruits occasionnés au champ
  - Rappels sur la protection contre le parasitisme
  - Défauts physiologiques
  - Défauts d'aspect
- Dégâts sur les fruits de la récolte à l'emballage
  - Dégâts mécaniques depuis la récolte au conditionnement
  - Défauts de préparation à l'emballage
- Recommandations

Gestion de l'eau et des effluents de la station de conditionnement
- Normes de production et traçabilité
- Préserver la qualité des fruits avant le conditionnement
- Entretien de la station d'emballage
  - Propreté des abords
  - Entretien de l'atelier

- Traitement et recyclage des eaux de lavage
  - Gestion de l’eau
  - Système de traitement et de recyclage
- Utilisation raisonnée des fongicides
  - Réduction des quantités de solution fongique
  - Dépollution des bouillies fongiques (cas du projet Sentinel)
- Chaîne de préparation des fruits
- Installation de la chaîne de conditionnement
- Rappel du règlement de l’Union européenne
  - Calibrage
  - Classification et tolérances : pour les bouquets
- Déchargement et contrôle sur la penderie
  - Précautions au déchargement
  - Accrochage et avancement sur la penderie
- Préparation des bouquets
  - Dépattage
  - Découpe
  - Rinçage
  - Mise en plateau et prépesée
- Emballage
- Respect de la réglementation européenne
  - Poids des colis
  - Surclassement en longueur ou en grade
- Expédition et mûrissage des fruits
- Maturation de la banane
  - Indicateur : l’échelle colorimétrique
  - Mûrissage artificiel
- Expédition et chaîne du froid
  - Palettisation
  - Maintien de la chaîne du froid
- Phase de mûrissage
  - Initiation de la phase climatérique
  - Qualité des fruits à l’entrée en mûrisserie
- Valeur alimentaire et utilisations de la banane
- Diversité des bananes
  - Bananes à cuire et bananes plantains
  - Bananes dessert

- Composition nutritive de la banane
- Banane et alimentation
- Banane et santé
  - Pathologies
  - Pharmacopée traditionnelle
- En cuisine
- Autres usages

Partie VI - Gestion technique

- Diagnostic agro-environnemental
  - La gestion technique de l’exploitation
  - Audit de l’exploitation
    - Principaux indicateurs et outils
    - Bases de données
  - Diagnostic agronomique
    - Interviews de l’exploitant
    - Données générales de l’exploitation
    - Observations de parcelles
  - Diagnostic environnemental
    - Recommandations
- Données de l’exploitation
  - Inventaire des productions
  - Recensement des équipements
    - Aménagements de l’exploitation
    - Infrastructures
    - Matériel
  - Description des pratiques agricoles
    - Parcellaire
    - Interventions culturales par parcelle
    - Station d’emballage
  - Relevé des résultats techniques de production
    - Comptage des fleurs
    - Comptage des régimes récoltés
    - Bilan de l’usinage
    - Rendement
  - Suivi de la main-d’œuvre
- Indicateurs agronomiques
  - Station météorologique

- Profils culturaux et pédologiques
  - Profil cultural
  - Fosse pédologique
- Analyses de sol
  - Quand réaliser les prélèvements ?
  - Préparation de l’échantillon
  - Résultats
- Analyses de feuilles
  - Définition de l’échantillon
  - Prélèvement
  - Présentation et interprétation des résultats
- Diagnostic recommandé : sol et plante
- Tensiomètre

Indicateurs de défense des cultures
- Techniques de détection et d’observation
  - Relation entre dégâts et parasite
  - Observations
  - Tests
- Nématodes
  - Observations et suivi au champ
  - Du prélèvement au traitement
  - Contrôle avant plantation de bananiers
- Charançons
  - Détection et observation
  - Pièges
- Cercosporioses
  - Bases de l’avertissement biologique
  - Calcul de l’état d’infestation
- Autres parasites

Indicateurs de production, de récolte, d’emballage et de qualité des fruits
- Établir des bilans de production
  - Nombre de fleurs chaque semaine par parcelle
  - Comptages de régimes à chaque récolte par parcelle
  - Bilan de l’usinage
- Critères de récolte
  - Indicateurs

Traitement et utilisation des données
À la station d’emballage
Indicateurs à l’emballage
Suivi du traitement fongicide postrécolte
Contrôle après emballage
Contrôle de la qualité des fruits : durée de vie verte et parasitisme
Dispositif nécessaire
Procédure
Observation des bouquets chaque jour
Conclusion - Les systèmes de culture durables de la banane
Bibliographie
Glossaire
Abréviations et sigles

Partie I
Connaissance du bananier

Description du bananier

Le bananier est une herbe géante monocotylédone de grande taille sans tige végétative aérienne (fig. 1). La tige souterraine est le centre vital du bananier, lieu de formation des racines, des feuilles et de l'inflorescence. C'est à ce niveau que se différencient les rejets assurant la pérennité de l'espèce. Le système radiculaire est de type fasciculé (sans pivot). L'émission de racines se fait pendant toute la phase végétative de croissance. Le pseudotronc n'est pas une vraie tige. Il résulte de l'imbrication des gaines foliaires les unes dans les autres. Le « cigare foliaire » monte au centre, comme, par la suite, l'inflorescence. Le système foliaire est très développé et sa structure présente des particularités liées aux contraintes de l'alimentation hydrique. L'inflorescence se forme au niveau de la tige souterraine et parcourt tout le faux tronc avant son apparition à l'extérieur de la plante. La fleur femelle donne le régime de bananes, part consommable et commercialisable.

Tige souterraine ou souche

La tige souterraine est la plaque tournante du développement de la plante et de tous les échanges nutritionnels (fig. 2).

Le méristème terminal donne les feuilles avant de se transformer en bourgeon floral.

À la base des feuilles apparaissent des bourgeons axillaires dont le développement est en interaction avec le méristème terminal mais aussi avec les autres bourgeons. Ces rejets sont de véritables ramifications, des branches qui s'enracinent et se développent à leur tour.

Les racines primaires sont formées dans la zone à l'interface du cortex et du cylindre central, appelée zone de Mangin.

Figure 1. Schéma d'un plant de bananier (Cirad).

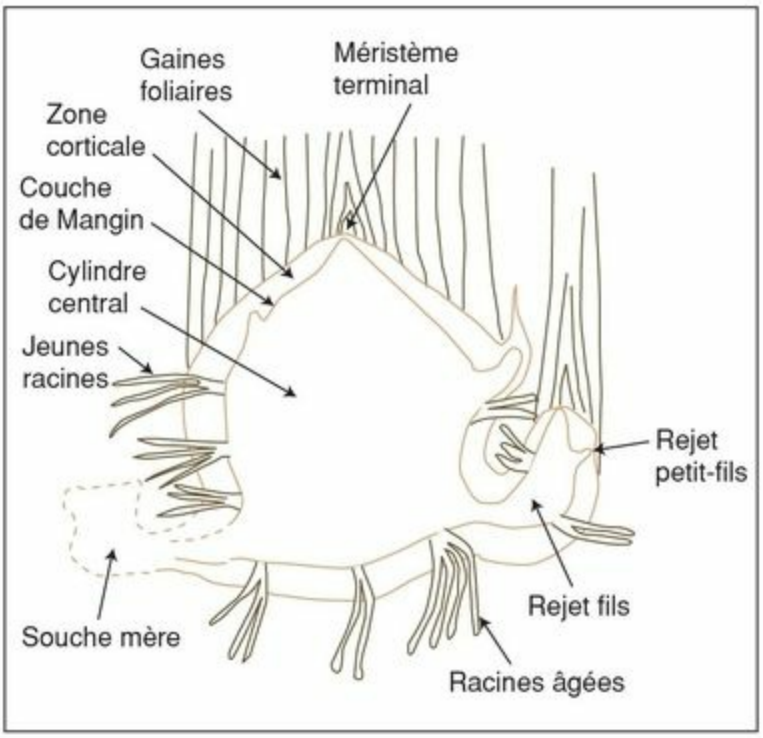


Figure 2. Coupe schématique dans une souche de bananier (adaptée de J. Champion, 1963).

Système racinaire

Les racines primaires sont produites en continu tout au long de la phase végétative. Un bananier peut en produire de 400 à 700 (fig. 3), dont environ 80 % ne dépasseront pas un mètre de long.
Les racines sont alignées par groupes de 2 à 4 à partir d'un même méristème (fig. 4 et 5).
La distribution des racines secondaires sur la racine primaire est contrôlée par des équilibres hormonaux. En conditions optimales, elles ne sont visibles qu'à 15 à 30 cm de l'apex de la racine primaire. Lorsqu'une racine primaire se nécrose, les racines secondaires se développent, les plus longues se trouvant alors proches de l'ancien apex.

Figure 3. Système racinaire d'une touffe de bananier (Cirad).

Figure 4. Racines alignées par 2 à 4. Vue externe (Cirad).

Figure 5. Racines issues d'un même méristème (coupe dans une souche) (Cirad).

Pseudotronc

Formé de l'imbrication des gaines foliaires (fig. 6), le pseudotronc (ou faux tronc) assure un rôle de soutien, de stockage (réserves minérales et hydriques) et de conduction.

Hauteur et diamètre du pseudotronc sont corrélés à la croissance du système foliaire.

L'inflorescence, formée au sommet de la souche, est poussée par la hampe florale progressant au centre du faux tronc jusqu'à l'extérieur du bouquet foliaire (fig. 7).

Figure 6. Coupe transversale du faux tronc au stade végétatif : gaines et cigares internes (Cirad).

Figure 7. Coupe transversale du faux tronc au stade inflorescence : hampe florale, gaines foliaires (Cirad).

Système foliaire

Une douzaine de feuilles sont en croissance dans le faux tronc, comme les éléments emboîtés d'une antenne télescopique.

Chaque feuille (fig. 8) est insérée sur la tige, ou souche, et se compose d'une gaine, d'un pétiole et d'un limbe avec des nervures. En coupe transversale, la gaine foliaire présente des canaux aérifères disposés en arc, traversés par de fins diaphragmes avec les faisceaux vasculaires. Dans le pétiole qui prolonge la gaine à l'extérieur, la structure de base est conservée avec un épaississement central.

Le limbe se développe de part et d'autre de la nervure centrale en deux parties sensiblement égales. À l'apparition du filament précurseur (filament lié à la sortie de la feuille de la gaine) à l'extérieur, il a atteint sa dimension définitive.

Le déroulement et la sustentation de la feuille sont liés au parenchyme aquifère, localisé le long de la nervure principale ou bande pulvinaire. Ce tissu assure partiellement la régulation de la transpiration du limbe : fléchissement des demi-limbes puis arcure de la nervure centrale en cas de déficit hydrique. Cette réaction a lieu en 15 à 20 minutes.

Du point de vue physiologique, la feuille de bananier est une surface immense, de plus de 3 m^2. Elle est soumise à des gradients importants de température, de transpiration, de respiration et de déficit hydrique. La distance entre les bases de deux pétioles contigus est un critère d'évaluation de l'engorgement, lui-même révélateur d'éventuelles difficultés de croissance

(déficit ou excès d’eau, etc.).

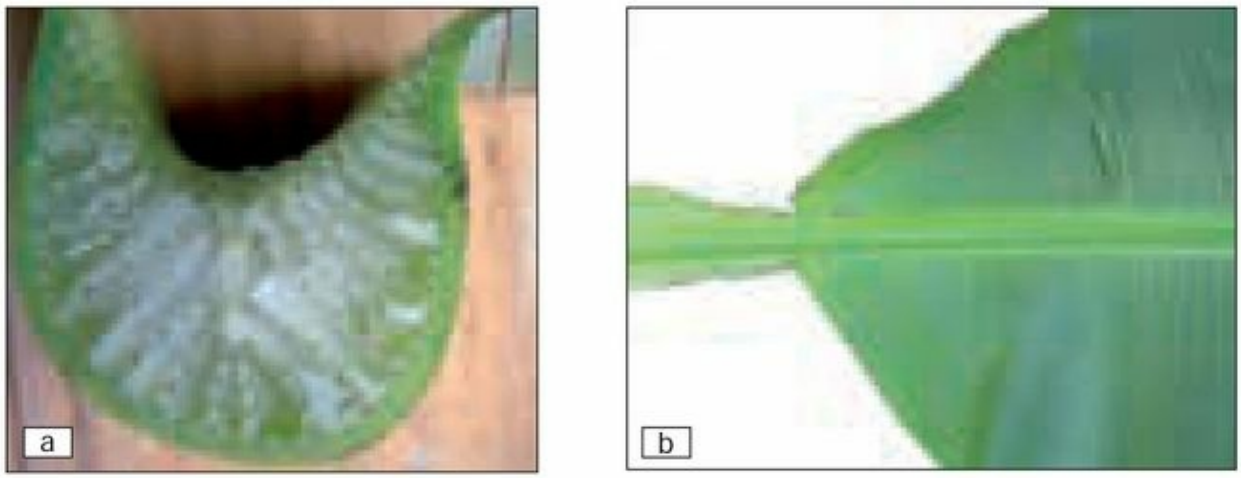


Figure 8. Vue partielle d’une feuille : a, pétiole ; b, nervure principale, nervure secondaire, limbe (Cirad).

Inflorescence

Les fleurs sont toujours du même type, mais la conformation des inflorescences de bananier est très variable. L’exemple présenté ici (fig. 9) est celui de la variété Grande Naine du groupe Cavendish (AAA).

L’inflorescence se forme à l’extrémité de la tige et traverse tout le faux tronc, poussée par la hampe florale, ou rachis.

À l’aisselle de chaque bractée caduque (bractée florale) se situe une « main » qui est un groupe de fleurs disposées en deux rangées insérées sur un coussinet (fig. 10). Les fleurs sont zygomorphes, de type 3 complexe : le périanthe [(3) + (2)] + 1 avec périgone (5) et tépale libre (1) (sépales et pétales identiques dont 5 soudés et un libre) ; les étamines (3) + (3 - 1). L’ovaire [(3)] a de très nombreux ovules anatropes (6 étamines dont une avortée, ovaire à 3 carpelles).

Figure 9. Inflorescence (Cirad).

Figure 10. Main de fleurs femelles ou doigts (Cirad).

Deux types de fleurs

- Les fleurs femelles (fig. 11), formées en premier, ont un ovaire infère triloculaire, avec un style épais et court. Les 5 étamines sont réduites à des staminodes. L'ovaire augmente de volume sans fécondation (parthénocarpie végétative) et constitue le doigt, ou banane.
- Les fleurs mâles (fig. 12) ont un ovaire réduit, avec un style filiforme et long. Les 5 étamines sont normales. Ces fleurs sont la plupart du temps caduques.

Le doigt

Formé de la peau (péricarpe) et de la pulpe (endocarpe), le doigt est relié au coussinet par un pédicelle. Globalement, entre l'émergence de l'inflorescence et la récolte du régime, le poids du fruit est multiplié par 10, la surface transversale médiane par 6. Les ovules sont avortés. Les grosses cellules ovoïdes amylifères des 3 carpelles constituent l'essentiel de la pulpe, partie comestible de la banane (fig. 13).

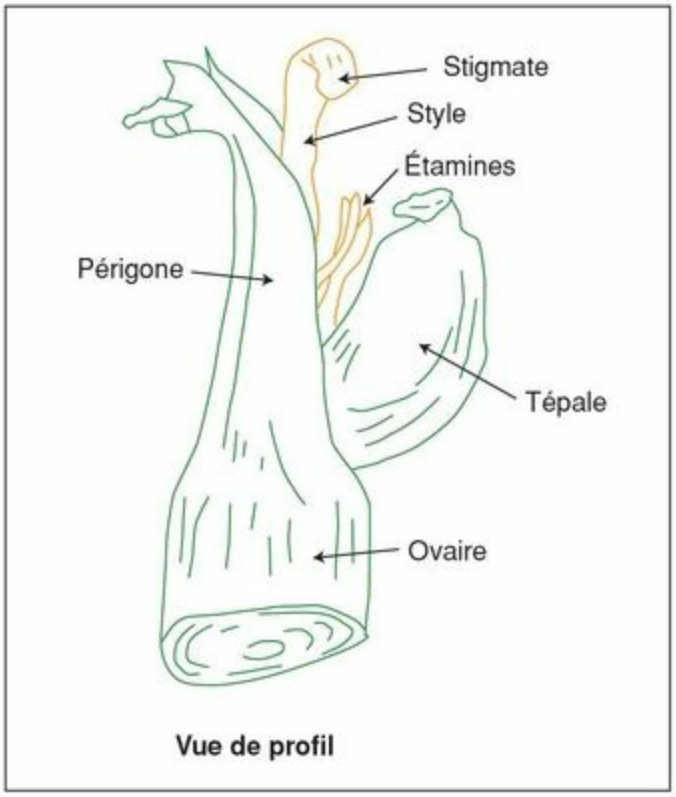


Figure 11. Schéma de la fleur femelle (Cirad).

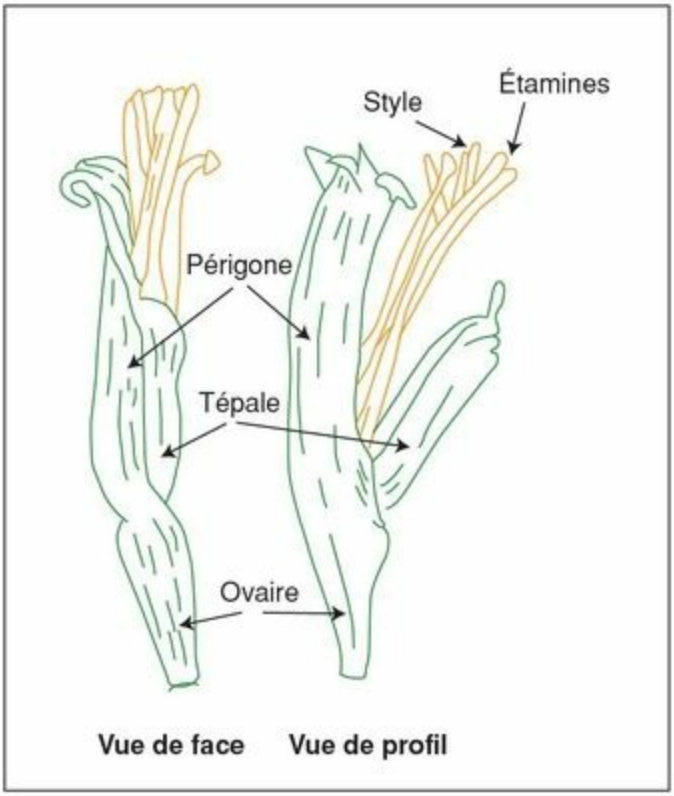


Figure 12. Schéma de la fleur mâle (Cirad).

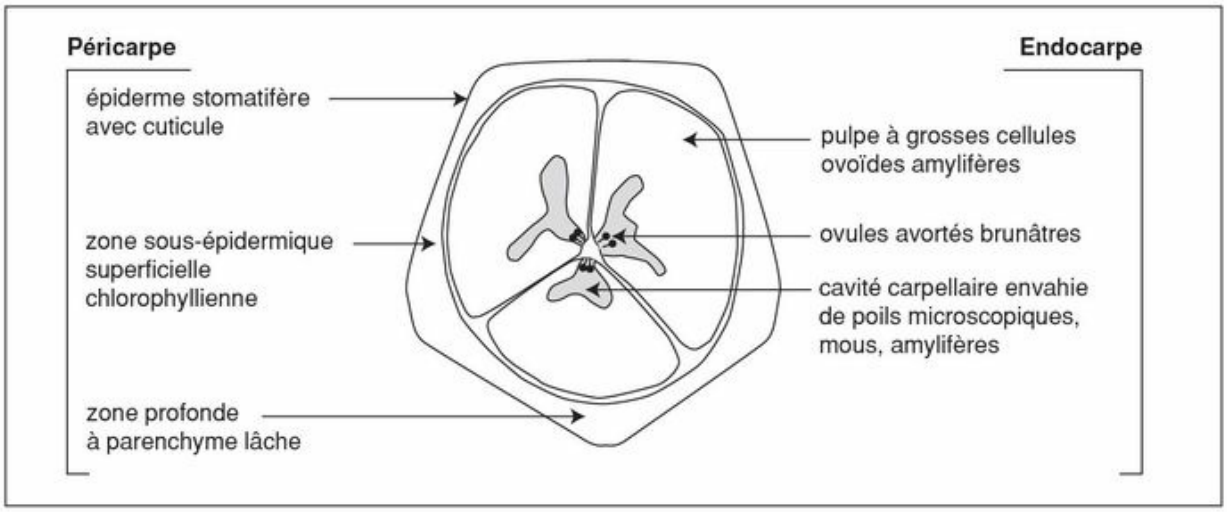


Figure 13. Schéma de la coupe transversale d'un ovaire (Champion, 1963).

Classification et diversité génétique

Les bananiers appartiennent à l'ordre des scitaminales, ou zingibérales, avec *Ravenala madagascariensis* (fig. 1), *Strelitzia reginae, Heliconia* sp. (fig. 2). Monocotylédones à fleurs asymétriques zygomorphes, ils forment la famille des musacées, ou Musaceae : cotylédon unique, pièces florales par 3 ou multiple de 3, nervation secondaire des limbes parallèle, absence de formations vasculaires secondaires dans la tige et les racines.

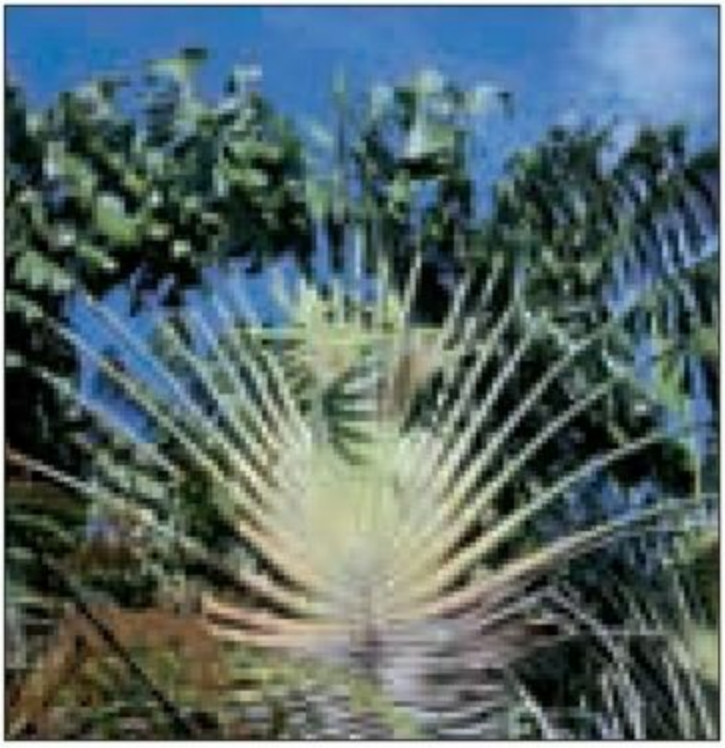


Figure 1. *Ravenala madagascariensis* (arbre du voyageur) (Cirad).
Figure 2. Variété de *Heliconia* (Cirad).

Famille des musacées

La famille des Musaceae comporte trois genres : *Musella*, *Ensete*, *Musa*. Dans ce dernier, seuls les *Eumusa* ont donné des espèces parthénocarpiques.

• Le genre *Musella* (fig. 3), très peu représenté, est localisé en Asie (*Musella lasiocarpa* 1976 et *Musella splendida* 1994).

• Le genre *Ensete* (fig. 4) ne comporte pas d'espèces parthénocarpiques et ne se multiplie que par graines (espèces sauvages en Afrique et en Asie). Il est utilisé en massifs floraux, sauf en Éthiopie, où la souche est consommée.

• Le genre *Musa* se caractérise par des inflorescences avec des bractées insérées séparément des fleurs, à l'inverse du genre *Ensete*. Ce genre présente une forte variabilité (fig. 5, 6 et 7).

Les 4 sections du genre *Musa*

• Les *Australimusa* (n = 10) avec une espèce cultivée pour ses fibres, *Musa textilis* et les Féhi (fig. 8) des îles du Pacifique (inflorescence érigée, fruits à cuire, sève colorée) .

• Les *Callimusa* (n = 10) avec quelques espèces ornementales : *Musa coccinea* (fig. 9).

• Les *Rhodochlamys* (n = 11) avec également des espèces ornementales : *Musa ornata* (fig. 10), *M. velutina* (fig. 11), *M. laterita*.

• Les *Eumusa* (n = 11) avec 10 à 12 espèces : dont *Musa basjoo*, *M. itinerans*,

M. schizocarpa, *M. acuminata* et *M. balbisiana*. C’est le genre le plus diversifié, il comprend plus de 1 000 variétés, dont les plantains (fig. 12).

Figure 3. Genre *Musella* (Cirad).

Figure 4. Genre *Ensete* (Cirad).

Figure 5. Genre *Musa (Musa acuminata)* (Cirad).

Figure 6. Genre *Musa (Musa balbisiana)* (Cirad).

Figure 7. Genre *Musa (Musa basjoo)* (Cirad).

Figure 8. Section *Australimusa (Musa fehi)*(Cirad).

Figure 9. Section *Callimusa (Musa coccinea)*(Cirad).

Figure 10 Section *Rhodochlamys (Musa ornata)* (Cirad).

Figure 11. Section *Rhodochlamys (Musa velutina)* (Cirad).

Figure 12. Section *Eumusa* :variété de plantain (Cirad).

Les *Eumusa*

Ils se caractérisent par un nombre chromosomique de 11, des bractées sillonnées longitudinalement sur leur face externe, de nombreuses fleurs par bractées disposées en deux rangées. Il comprend deux espèces principales.

• *Musa acuminata* (AA), très polymorphe (nombreuses sous-espèces). Les plants sont grêles et se développent en touffes (fig. 5).

• *Musa balbisiana* (BB), homogène. C'est un bananier robuste à faux tronc plus clair et massif (fig. 6).

Musa acuminata est à l'origine de tous les bananiers à fruits parthénocarpiques, seul ou avec la participation de *Musa balbisiana*.

Évolution naturelle des *Eumusa*

Originaires d'Asie du Sud-Est, les bananiers étaient au départ séminifères (à graines) et sauvages (non cultivés). L'obtention des variétés cultivées a fait intervenir quatre processus : la parthénocarpie, l'hybridation, la polyploïdie et la stérilité gamétique.

Diversité génétique

Depuis des millénaires, les migrations humaines et les échanges de matériel végétal ont placé le bananier dans des situations écologiques très différentes sur tous les continents. Les agriculteurs ont su valoriser les mutations

naturelles résultant de la multiplication végétative. C'est cette combinaison de l'évolution naturelle et de sélections faites par l'homme depuis l'origine de l'agriculture qui a établi la diversité génétique actuelle.
Les espèces séminifères à fruits non comestibles — mais utilisables à d'autres fins, fibres, alimentation du bétail… — sont toutes diploïdes (environ 180 espèces recensées). Du fait de leur fertilité et de leur variabilité dans la résistance à certaines maladies et aux ravageurs, ces espèces sont à la base de différents programmes d'amélioration génétique et de création variétale conventionnelle, passés, actuels et futurs.
Les variétés à fruits charnus et sans graines sont au nombre de 1 200 environ. Ces cultivars sont issus de la sélection faite par l'homme et représentent une diversité génétique non négligeable : diploïdes à tétraploïdes, consommation en fruit ou légume, adaptation à des conditions écologiques variées. Cette diversité de phénotypes s'observe entre les sous-groupes (faible diversité à l'intérieur), notamment Cavendish (plus de 30 cultivars), plantains (plus de 150), cultivars d'altitude (plus de 60).

Classification et description des cultivars à fruits parthénocarpiques

Ces bananiers ne disposent plus que d'un seul moyen naturel de survie : la multiplication végétative par enracinement de leurs ramifications latérales. Il assure la conservation du génotype à quelques rares exceptions près (mutations). Le schéma de classification est présenté figure 13 et les principaux cultivars comestibles sont indiqués dans le tableau 1.

Groupe diploïde AA

Figue sucrée : feuillage érigé et vert jaune, doigts petits, peau mince, pulpe très sucrée.

Groupe diploïde AB

Safet Velchi : port érigé, de grande taille, fruits à peau plus épaisse, sucrés acides (Afrique de l'Est).

Groupe triploïde AAA

Ce groupe comprend la quasi-totalité des cultivars à fruits destinés à l'exportation.
• Figue rose : fruits épais et peu courbés, péricarpe rosé, pulpe blanche plutôt farineuse.
• Gros Michel : fruits grêles, courbés à apex en goulot de bouteille, largement cultivé jusqu'au développement de la maladie de Panama *(Fusarium*

oxysporum cubense).

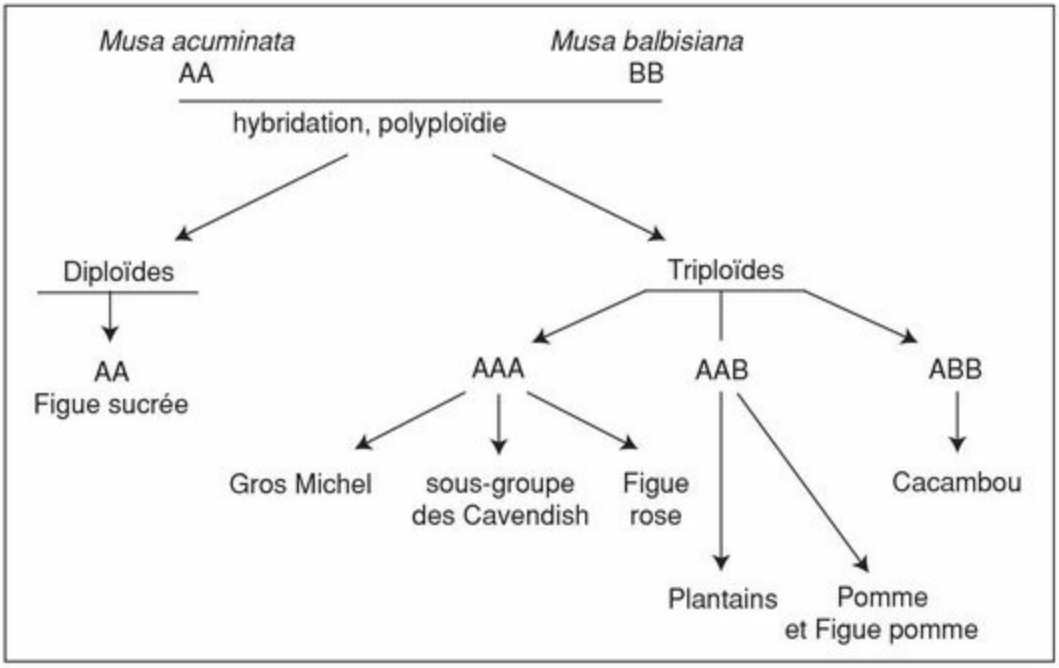


Figure 13. Schéma de classification des cultivars à fruits parthénocarpiques (Cirad).

Tableau 1. Principaux cultivars à fruits comestibles.

Groupe	Sous-groupe	Cultivar	Type de fruit
AA	Sucrier	Pisang mas, Frayssinette, Figue sucrée	Dessert
	Pisang liln	Pisang liln	Dessert
	Pisang berangan	Pisang berangan	Dessert
	Lakatan	Lakatan	Dessert
AAA	Cavendish	Lacatan, Poyo, Williams, Grande Naine, Petite Naine	Dessert
	Gros Michel	Gros Michel, Cocos, Highgate	Dessert
	Figue rose	Figue rose, Figue rose verte	Dessert
	Lijugira	Intutu, Mujuba	À bière, à cuire
	Ibota	Yangambi km5	Dessert
AB	Ney Poovan	Safet Velchi, Sukari	Dessert acide
AAB	Figue pomme	Maça, Silk	Dessert acide
	Pome	Prata	Dessert acide
	Mysore	Pisang ceylan	Dessert acide
	Pisang kelat	Pisang kelat	Dessert
	Pisang rajah	Pisang rajah bulu	À cuire
	Plantains	cultivars French	À cuire
	Plantains	cultivars Faux corne	À cuire
	Plantains	cultivars Corne	À cuire
	Popoulou	Popoulou	À cuire
	Laknao	Laknao	À cuire
	Pisang nangka	Pisang nangka	À cuire
ABB	Bluggoe	Bluggoe, Matavia, Poteau, Cacambou	À cuire
	Pelepita	Pelepita	À cuire
	Pisang awak	Fougamou	Dessert
	Peyan	Peyan	À cuire

• Cavendish : fruits grêles, courbés à apex obtus. Sous-groupe résistant assez bien à la fusariose. Il présente une forte diversification avec des cultivars géants (Lacatan), moyens (Poyo, Grande Naine, Williams…) et nains (Petite Naine). Des cultivars particuliers font aussi partie du groupe des AAA.

• Lujugira est un sous-groupe spécifique dit « bananier d'altitude » d'Afrique de l'Est (optimum de culture entre 800 et 1 450 m d'altitude) pour la production de « bière » et de fruits à cuire.

• Ibota, Yamgambi km 5 (dessert acide) a la particularité d'être tolérant à certains parasites (cercosporioses jaune et noire, nématodes).

Groupe triploïde AAB

Ce groupe est constitué essentiellement des bananes à cuire avec une prédominance des plantains (Afrique).

Plantains

Ce sous-groupe est très diversifié (plus de 150). On assiste à une dégénérescence progressive de la constitution de l'inflorescence : il comprend tous les intermédiaires entre l'absence de bourgeon mâle (et de doigts) et le régime classique. Moins le bourgeon mâle est important, plus le nombre de doigts est faible et le poids du fruit élevé. On distingue classiquement le type French (partie mâle normale), le type Corne (une fleur terminale, pas de fleurs intermédiaires) et le type Faux corne (avec des fleurs hermaphrodites).

Autres cultivars

Mysore, Figue pomme et Pome (Prata) sont des bananes dessert acide. Pisang kelat, Pisang nangka et Pisang rajah, Popoulou et Laknao sont des bananes à cuire.

Groupe triploïde ABB

Ce sont des bananiers rustiques, très robustes, donnant des fruits à consommer cuits : Bluggoe (Cacambou), Pelepita, Pisang awak (Fougamou), Saba.

Amélioration génétique

L'amélioration génétique s'impose à la fois pour éviter la pression parasitaire et pour satisfaire la demande des consommateurs. L'attention portée aux critères de santé humaine et de protection de l'environnement oriente vers la production de bananiers qui nécessitent peu d'applications de pesticides, voire aucune, et qui restent productifs.

Les besoins en nouvelles variétés concernent aussi bien la banane dessert que la banane à cuire, qu'elles soient destinées à l'exportation, à l'autoconsommation ou aux marchés nationaux.

Les premiers travaux ont débuté vers 1918-1920 à la suite de l'extension de la maladie de Panama *(Fusarium oxysporum cubense)* en Amérique centrale et en Amérique du Sud, anéantissant les bananeraies (monoculture du cultivar AAA Gros Michel). Ils étaient fondés sur des croisements Gros Michel (ayant une très faible fécondité des gamètes femelles) avec un *Musa acuminata* sauvage ; d'où la nécessité de très nombreuses tentatives de pollinisation avec de très maigres résultats. Cependant, quelques hybrides tétraploïdes ont eu un comportement agronomique encourageant, par exemple IC2 et SH19.

Objectifs

L'amélioration génétique a un double objectif.

• Obtenir des variétés résistantes aux principaux parasites, et en priorité aux cercosporioses jaune et noire. Les tolérances aux nématodes, aux charançons, aux fusarioses et bactérioses représentent des enjeux essentiels faisant l'objet de nombreux travaux. La maîtrise des infections virales, bien que très importante, demandera une approche particulière puisque ces gènes de résistance ne sont pas connus dans le genre *Musa.*

• Créer des variétés ayant des spécificités attractives pour le consommateur, par exemple diversifier l'offre en bananes dessert sur le marché d'exportation.

Diversification des programmes de création variétale

Variétés à cuire

Jusque dans les années 80, il s'agissait de réaliser le maximum d'hybrides entre des triploïdes cultivés (peu fertiles) et des diploïdes *acuminata* (fig. 1). En dépit des difficultés, après passage au crible de la sélection, il a été distribué de nouvelles variétés à cuire, qui sont résistantes aux maladies et présentent de bons potentiels de production. Des progrès sont encore à faire

sur les qualités culinaires et gustatives en comparaison avec les variétés traditionnelles.

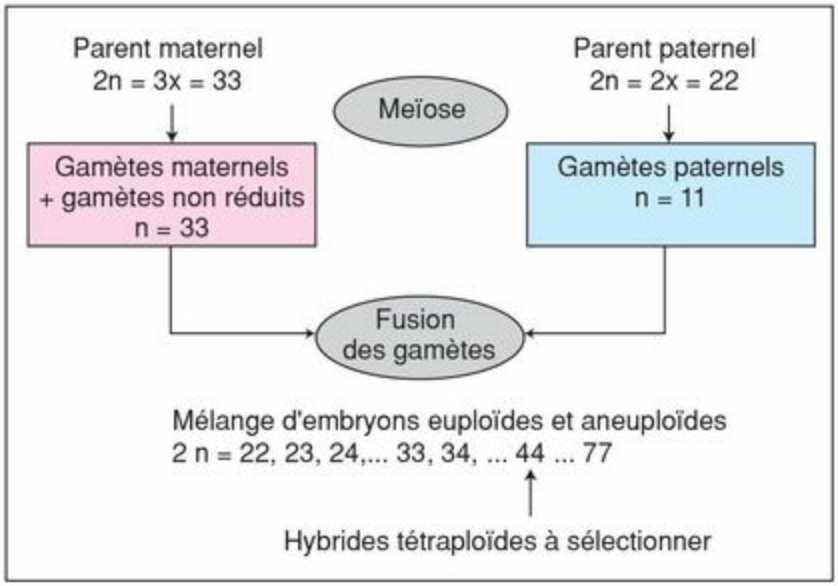


Figure 1. Schéma de création variétale. Processus de création par non-réduction des gamètes maternels (Cirad).

Bananes dessert d'exportation

L'amélioration consiste à reprendre la sélection à partir des variétés ancestrales pour créer des hybrides. Des travaux considérables ont dû être réalisés afin d'acquérir une connaissance approfondie du matériel génétique disponible pour mener une action mieux ciblée et rationnelle.

Depuis la création de l'Inibap (International network for the improvement of banana and plantain) en 1985, de nombreuses actions tant de création que de sélection se sont mises en place sous la coordination efficace de ce réseau.

Bases actuelles de l'amélioration variétale

L'amélioration génétique se fonde à présent sur quatre orientations :

– l'amélioration des parents au moyen d'haplométhodes, en particulier pour obtenir des lignées homozygotes diploïdes sans virus ;

— le processus d'hybridation pour la création de tétraploïdes ou de triploïdes (fig. 2) ;

– les mutations induites, notamment par radiation ;

– la création d'organismes génétiquement modifiés.

Des techniques permettent de lever certaines difficultés liées à la biologie des bananiers :

— le sauvetage in vitro d'embryons zygotiques qui permet l'exploitation maximale des produits des hybridations ;

– l’embryogenèse somatique comprenant la culture de protoplastes, la fusion somatique, la transformation génétique, l’utilisation d’*Agrobactérium tumefaciens* par exemple ;
– l’utilisation des variations somaclonales obtenues en culture in vitro et en embryogenèse somatique.
La majorité des obtentions en cours de sélection sont des hybrides. Le Cirad produit ces hybrides à partir de diploïdes améliorés traités à la colchicine pour disposer de tétraploïdes, eux-mêmes croisés avec des diploïdes pour créer des triploïdes (fig. 3). Ce programme de création d’hybrides de bananes dessert développé en priorité pour les Antilles françaises est installé en Guadeloupe.

Figure 2. Hybridation (inflorescence protégée) (Cirad).

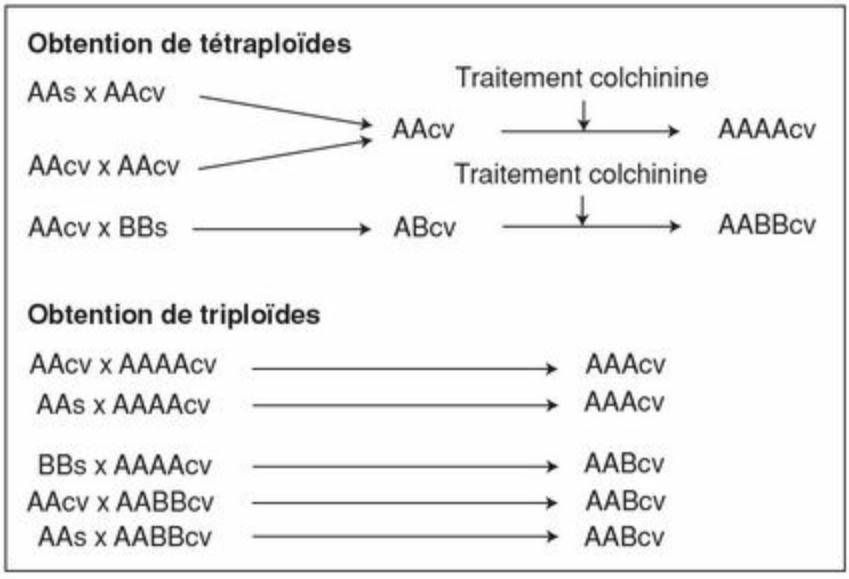


Figure 3. Schéma de création de triploïdes à partir de clones diploïdes

sauvages (s) ou cultivés (cv) (Cirad).

Processus de sélection et de validation du Cirad

Au Cirad, le processus de sélection et de validation se déroule en quatre phases, une fois terminés au laboratoire la germination de la graine et l'élevage de la plantule.

Phase I de sélection

Chaque plant (hybride) est évalué pour sa résistance à la cercosporiose jaune, la conformation du régime et d'autres critères agronomiques pendant deux cycles. Tout plant non conforme est éliminé (environ 90 % des hybrides).

Phase II de sélection

L'évaluation agronomique est réalisée en Guadeloupe sur 5 plants par hybride. Outre le potentiel de production — végétation, longueur des cycles, nombre de mains et de doigts, caractères des fruits —, elle concerne les aspects du stade de récolte, de la durée de conservation et de la qualité gustative (appréciations préliminaires).

L'indexation concernant la mosaïque à tirets (BSV, *Banana streak badnavirus*), virus qui peut être transmis par la graine (intégré au génome), est faite au Cirad à Montpellier.

L'évaluation de la résistance à la maladie des raies noires a lieu ensuite en conditions contrôlées au Cirad à Montpellier et au champ.

Tout hybride non conforme est éliminé. Il reste entre 4 et 8 hybrides retenus chaque année, qui sont indexés tous virus et multipliés pour la phase d'évaluation au champ.

Phase III d'évaluation

L'objectif est de valider des hybrides qui peuvent être différenciés des Cavendish, acceptés sur le marché européen et plus intéressants pour la protection de l'environnement. Cette évaluation est conduite sur 100 à 200 plants (à la Martinique ou en Guadeloupe). L'accent est mis sur l'itinéraire technique et sur tous les aspects de récolte, conditionnement, conservation et qualités gustatives (panel de dégustation). Les résultats sont présentés à un comité de suivi associant les acteurs de la filière de la banane qui décide du passage à la phase de prévulgarisation.

Phase IV de prévulgarisation

L'objectif est d'introduire les variétés dès le début sur le marché français tout en précisant les itinéraires techniques de terrain et de postrécolte. La prévulgarisation est effectuée dans les deux îles, chez plusieurs planteurs (au moins sur 10 hectares pour disposer d'environ 10 tonnes de fruits par

semaine, soit un conteneur de 20 pieds). Cette phase associe les producteurs, les groupements, des mûrisseries et des structures de mise en marché et vente (fig. 4).

Disponibilités actuelles au Cirad

Dans un premier temps, la création de nouvelles variétés de bananes dessert a été freinée par la présence d'un virus (BSV) dans la descendance des hybrides. Ces infections résultaient de l'activation, après croisements, de séquences virales intégrées dans le génome de l'une des espèces parentales. Ces difficultés ont été contournées en n'utilisant que les espèces de *Musa acuminata* n'ayant pas de séquences virales intégrées activables dans leur génome. En 2003, deux hybrides ont passé le cap de la phase d'évaluation mais une seule variété synthétique, Flhorban 920, a été retenue pour la phase de prévulgarisation se déroulant en 2004 et 2005. Cette variété se caractérise par des fruits courts et nombreux (fig. 5), un goût très différent des Cavendish, et un retour de cycle très rapide de l'ordre de 4 à 5 mois (fig. 6) de telle sorte qu'au moment de la récolte le cycle suivant est pratiquement au stade de floraison.

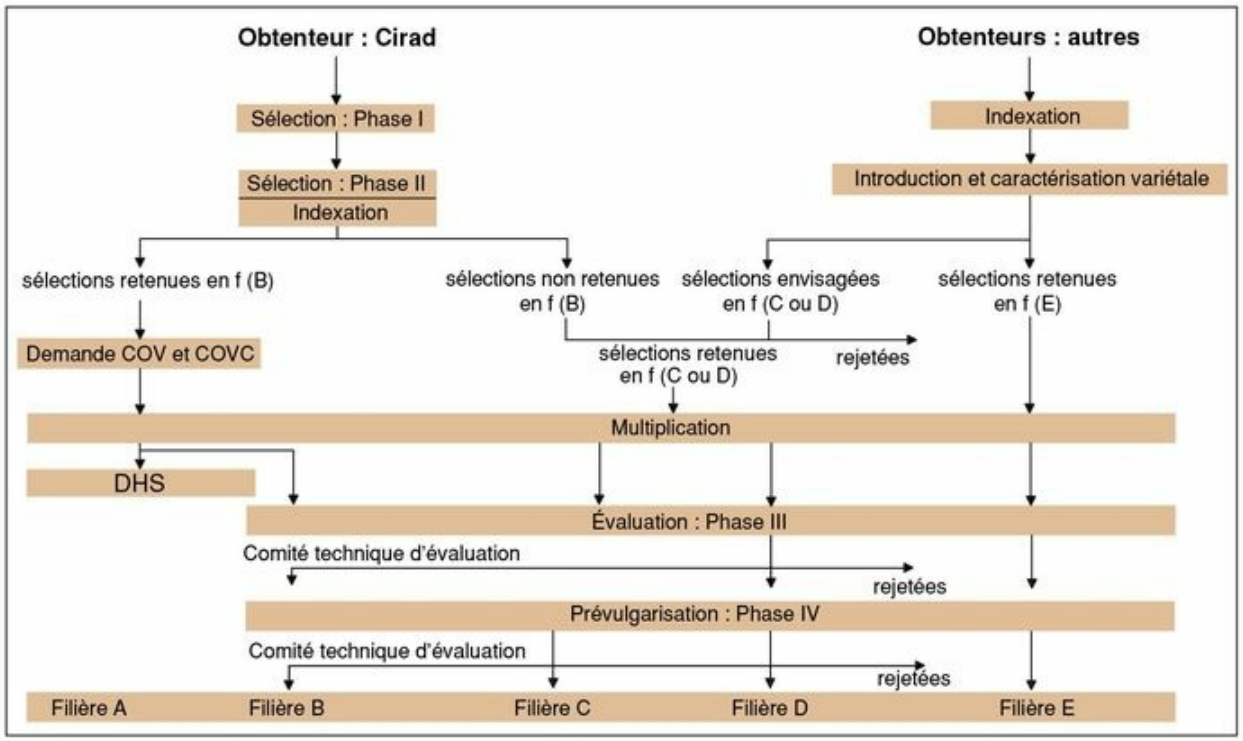


Figure 4. Schéma de sélection et de validation des hybrides de bananier au Cirad. DHS, distinction, homogénéité, stabilité ; COV, certificat d'obtention végétale ; COVC, certificat d'obtention végétale communautaire.

Figure 5. Variété Flhorban 920 : régime de 2e cycle (Cirad).

Figure 6. Variété Flhorban 920 : 3 cycles de production présents au même moment (Cirad).

Micropropagation

L'objectif principal est de disposer pour la plantation au champ d'un matériel végétal sain, en particulier indemne de nématodes, de virus et de bactéries. Associé à l'assainissement sanitaire du sol (absence de *Radopholus similis*), le vitroplant constitue la base d'une culture plus propre (agriculture raisonnée, agriculture durable) participant à l'amélioration de l'environnement et contribuant à la santé humaine.

Plusieurs étapes sont indispensables, avec des obligations phytosanitaires strictes.

Sélection et préparation du matériel végétal

Tout œilleton ou autre organe doit être strictement contrôlé, sans virus, et doit correspondre à l'idéotype du cultivar concerné.

L'indexation tous virus est obligatoire. On vérifie que les plants sont indemnes des virus suivants : BBTV = *Banana bunchy top virus ;* CMV = *Cucumber mosaïc virus ;* BSV = *Banana streak virus ;* BanMMV = *Banana mild mosaïc virus ;* BBrMV = *Banana bract mosaïc virus.*

Processus de micropropagation au laboratoire

La technique la plus courante, pratiquée depuis 1970, est la multiplication par bourgeonnement in vitro. Le procédé d'embryogenèse somatique développé depuis 1996 est en cours de validation.

Micropropagation par bourgeonnement in vitro

Elle est initiée à partir d'un méristème végétatif. Elle comporte plusieurs phases de laboratoire (fig. 1 et 2) : mise en culture (1 mois), obtention des touffes de prolifération (2 mois), multiplication en 6 à 8 cycles (6 à 8 mois), homogénéisation (1 mois), puis croissance et enracinement du vitroplant (1 mois).

La phase d'acclimatation (environ 2 mois) a lieu en pépinière avant le transfert au champ.

Embryogenèse somatique

Ce processus commence à partir de la mise en culture de fleurs mâles immatures. L'intérêt sera de disposer d'un nombre important de plants potentiels à partir d'une seule fleur (50 000 plants à partir d'un millilitre de suspension de cellules) et de pouvoir les conserver à très basse température (-196 °C).

Les étapes sont les suivantes : mise en culture à partir de fleurs mâles du bourgeon ; obtention et sélection du cal idéal ; initiation de la suspension

cellulaire (fig. 3) ; entretien de cette suspension ; régénération d'embryons ; germination des embryons ; mise en croissance des plantules. Ensuite, les étapes de sevrage et d'élevage sont réalisées en pépinière avant transplantation au champ.

Figure 1. Multiplication par bourgeonnement in vitro : stade de prolifération (Cirad).

Figure 2. Multiplication par bourgeonnement in vitro : stade de transfert en pépinière (Cirad).

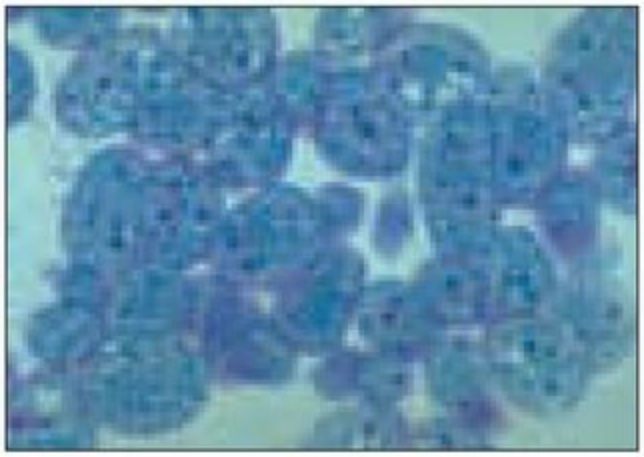


Figure 3. Multiplication par embryogenèse somatique (Cirad).

Réduire la variation somaclonale

Dans chacune des techniques se pose la question de la conformité des plants mis à disposition des agriculteurs (fig. 4). Dans le cas de la multiplication in vitro classique, la réduction du nombre de cycles de multiplication et le mélange de lignées aboutissent à la mise à disposition d'un produit commercial avec un maximum de 5 à 8 % de variants dès la sortie de laboratoire (actuellement 3 %). La sélection des plants au cours de la phase d'acclimatation permet de réduire ce taux à moins de 1 % de variants au champ.

Figure 4. Quelques variations très accentuées : engorgement sévère (a), perte de la parthénocarpie des fleurs femelles (b) et régime atrophié (c) (Cirad).

Phase d'acclimatation et de grossissement

Le sevrage et la croissance se font dans des serres (fig. 5 et 6) soumises à des

règles strictes de confinement (quarantaine virale et parasites absents localement).

Figure 5. Phase de sevrage en pépinière (Cirad).

Figure 6. Phase d'élevage en pépinière (Cirad).

Passage au champ

L'intérêt premier des vitroplants est leur état sanitaire. Plantés sur sol sain ou assaini, ils permettront de réduire très fortement l'utilisation de pesticides. Il importe donc qu'ils soient indemnes de nématodes (substrat sain, eau d'arrosage pure) et conformes à la variété (pas de variants) en sortie de pépinière : par exemple absence de plants nains (fig. 7) ou de plants présentant un gaufrage des limbes (fig. 8).

• Ne planter que sur un sol sain ou assaini par rotation ou jachère. Vérifier

l’absence de *Radopholus similis* par test biologique.
• Vérifier la conformité des vitroplants (pas de variants) et leur qualité sanitaire (absence de *Radopholus similis*).
• Faire un allotissement sérieux des vitroplants avant la plantation. Il peut être calculé sur la largeur de la dernière feuille émise, en n’admettant pas plus de 3 cm de variation.
• Assurer le remplacement des vitroplants avant 3 semaines. Pour des délais plus longs (jusqu’à 6 semaines), il serait préférable de disposer de vitroplants cultivés en grands récipients en pépinière.
• Pratiquer l’œilletonnage précoce à la gouge en 2 phases : élimination de la première couronne, sélection sur la deuxième.

Figure 7. Variant : plant nain (Cirad).

Figure 8. Variant : plant présentant un gaufrage des limbes (Cirad).

Autres utilisations de la micropropagation

Appliquée à l'amélioration génétique, la micropropagation peut être un moyen performant associé aux techniques in vitro. Cela permet d'accélérer la mise à disposition des obtentions génétiques, de réaliser des croisements difficiles ou impossibles par hybridation classique et de créer des mutants.

Zones de croissance

Pour choisir les techniques culturales optimales, il est indispensable de connaître les modalités de croissance (aspect quantitatif) et de développement (aspect qualitatif) du bananier. En premier lieu, quelques indications sur le fonctionnement des zones de croissance, ou méristèmes, sont nécessaires. Les modifications lors du passage de la phase végétative à la phase reproductive (inflorescence) sont particulièrement importantes.

Régions de croissance en phase végétative

La structure du faux tronc et de la tige n'est pas due au méristème apical lui-même, mais à ses appendices.

Apex végétatif

L'apex végétatif a la forme d'un dôme. En coupe longitudinale, on observe un emboîtement de cônes constitués par les ébauches foliaires (fig. 1). Les organes foliaires (gaine, pétiole, nervure) sont initiés par des méristèmes intercalaires localisés à la base de la feuille.

Limbe

Le limbe croît à partir de deux méristèmes disposés de part et d'autre de la nervure. Cette croissance (de type basipète) a lieu entièrement dans le faux tronc. La partie devenant ultérieurement la gaine reste très courte, alors que l'on observe le développement du pétiole et de la nervure centrale. Le limbe atteint sa taille finale en 2 mois. Il croît des deux tiers de cette longueur pendant la semaine qui précède la sortie du cigare qui commence par la sortie du filament précurseur. La sortie du cigare correspond en réalité à l'allongement accéléré de la gaine foliaire et d'une portion du pétiole.

Ilyajusqu'à 12 feuilles immatures dans le faux tronc en phase de préinitiation florale, 5 à 7 feuilles étroites et courtes en phase de jeunesse.

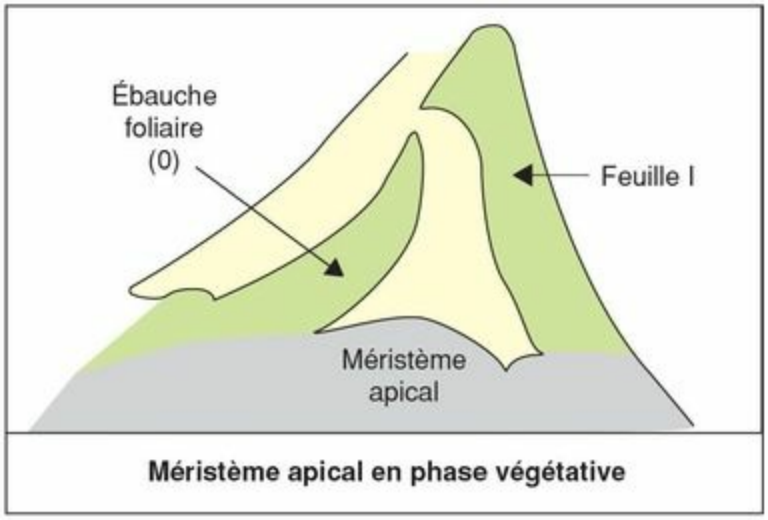


Figure 1. Coupe dans le méristème en phase végétative (Cirad).

Passage à la phase de reproduction

La redistribution de la croissance est totale : allongement des entre-nœuds, suppression de la croissance périphérique des primordia foliaires, formation des primordia des bractées avec leur région de croissance axillaire.

Il y a bombement du méristème apical puis différenciation des fleurs (fig. 2).

La phase de transition correspond à la différenciation rapide des primordia bractéaux.

Il faut noter que le passage à la phase florale ne se manifeste par aucun indice visuel clair.

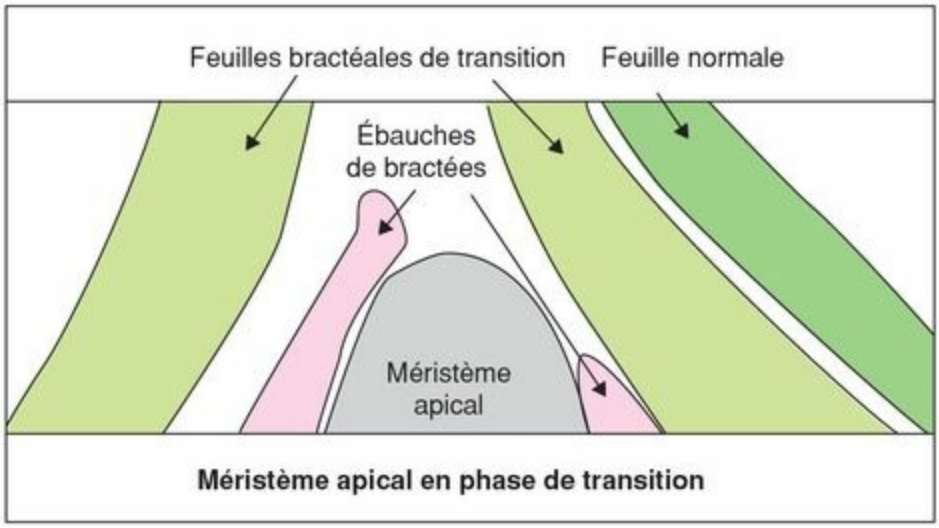


Figure 2. Coupe dans le méristème apical au stade de transition entre phase végétative (production de feuilles) et phase reproductive (production de fleurs femelles) (Cirad).

Régions de croissance en phase de reproduction

La bractée n'entoure pas l'apex (fig. 3 et 4). On note un changement de forme de l'apex floral (fig. 5) en passant de la différenciation de fleurs femelles (angle obtus) à celle de fleurs mâles (angle aigu).

À souligner pour les sous-groupes AA et AAA, notamment, une disproportion entre le nombre de mains femelles (4 à 18 mains) et le nombre de mains mâles (200 à 500 mains) ; mais, dans le genre *Eumusa* de nombreuses variantes existent.

À la base de l'apex, le primordium de la main se divise en deux régions séparées par des ébauches florales. Les fleurs 1 et 2 sont sur le rang interne (adaxial), à l'extrémité droite, apex vers le haut ; les autres sont alternativement extérieures ou intérieures. La différence d'âge entre les fleurs d'une même main est voisine de 2 jours ; mais elle est de plus de 15 jours entre les mains 1 et 8. Toutes sont insérées sur un coussinet.

La phase de différenciation florale (mains et fleurs femelles, puis mâles) s'effectue exclusivement à la base du faux tronc, 2 à 3 mois avant le stade de la fleur « pointante ».

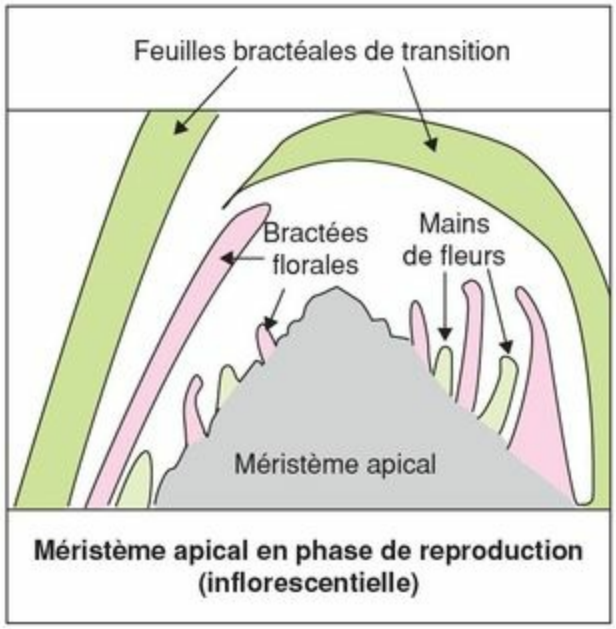


Figure 3. Coupe dans le méristème apical en phase de reproduction, stade formation des fleurs femelles (Cirad).

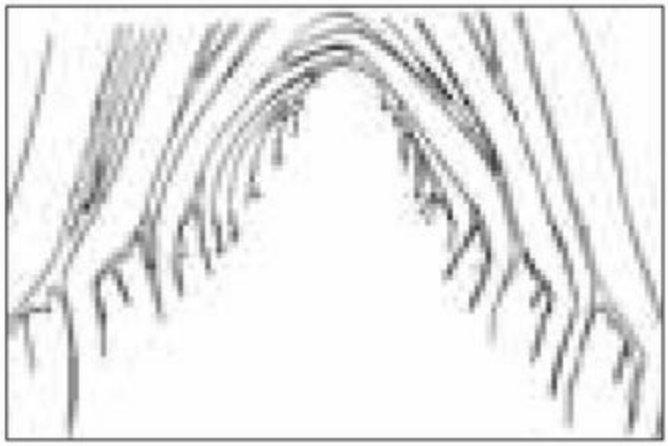


Figure 4. Coupe du méristème apical en phase de reproduction, passage du stade de formation des fleurs femelles au stade de formation de fleurs mâles (Cirad).

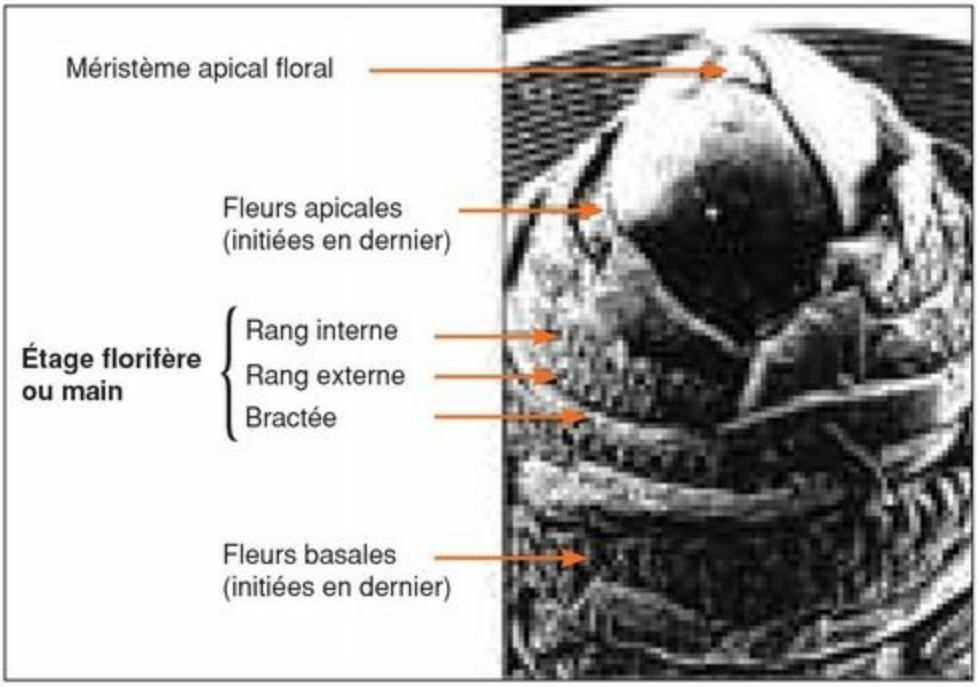


Figure 5. Méristème apical du bananier en phase reproductrice (vue au microscope électronique) (d'après Kwa Moïse, 1993).

Croissance des fruits

Il s'agit de l'accroissement de l'ovaire en longueur et en diamètre par le développement vers l'extérieur du tissu du péricarpe et l'extension de l'axe floral central, ou placenta.

La multiplication cellulaire est abondante pendant la montée de l'inflorescence dans le faux tronc. Elle s'arrête vers la quatrième semaine

après le stade fleur pointante. Ensuite, la croissance est due exclusivement à la différenciation cellulaire avec accumulation de réserves amylacées.

Croissance et développement des racines

Le système racinaire est l'interface entre le milieu tellurique (le sol au sens large) et la plante. Il assume une grande part de l'approvisionnement en eau et en minéraux et assure l'ancrage du bananier.

L'émission des racines et leur croissance sont fortement influencées par les conditions de milieu, et tout particulièrement par les conditions hydriques. Les racines de bananier supportent mal le déficit d'eau, encore moins son excès. Cette particularité doit orienter toute la stratégie d'aménagement des exploitations. Maîtriser la circulation de l'eau à proximité de la plante — et donc dans la parcelle, l'exploitation et le bassin versant — est la condition première de réussite de la culture bananière de haut niveau.

Les conditions pédoclimatiques et parasitaires dans le sol ont une incidence sur les trois phases du développement des racines : initiation, émission et élongation (fig. 1 et 2).

Figure 1. Système racinaire d'un jeune plant de bananier (Cirad).

Figure 2. Système racinaire d'un vitroplant au stade de replantation au champ. Effet « pot de fleur » (Cirad).

Émission des racines

La vitesse de sortie des racines à l'extérieur de la souche n'est pas constante (fig. 3). À la replantation, elle peut être stoppée un mois après la mise en terre en cas de stress hydrique prononcé (excès ou manque d'eau). Cela correspond à un ralentissement de l'initiation et de la progression de la racine dans la souche. Il est impératif que les conditions hydriques autour de cette souche soient au plus proche de l'optimum.

Le nombre de racines primaires émises par les rejets avant le stade feuille de plus de 10 cm de large est directement proportionnel au volume de sa tige. Il est voisin de 100 racines à la floraison du pied mère, et atteint près de 250 à la récolte de celui-ci. Ce rejet, jusqu'à sa floraison, produira 600 à 800 racines qui sont visibles à l'extérieur de la souche.

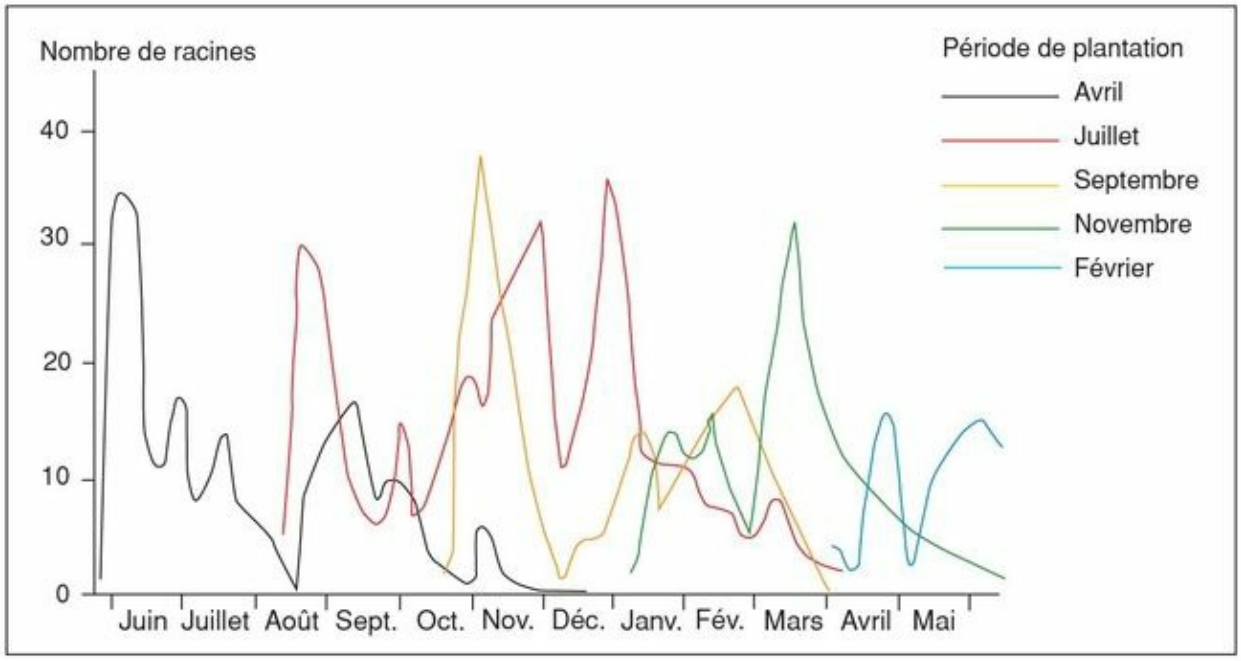


Figure 3. Influence de la période de replantation sur le système racinaire au cours du 1er cycle (Cirad).

Développement du système racinaire

Densité racinaire

Elle est naturellement inégale en s'écartant de la souche, tant en profondeur que latéralement (fig. 4). Elle est maximale au pied du bananier, dans les 30 cm de profondeur et sur un rayon de 60 cm. La répartition est normalement satisfaisante sur un rayon de 120 cm et une profondeur de 60 cm. On a

toujours au moins 40 à 50 % des racines dans l'horizon 0-30 cm (fig. 5).
En général, les racines de plus de 1 m de longueur représentent entre 15 et 20 % de l'ensemble ; certaines peuvent atteindre 2 à 3 m. La longueur totale de ces racines principales peut dépasser 300 m en conditions favorables (sans nématodes et sans contraintes physiques).

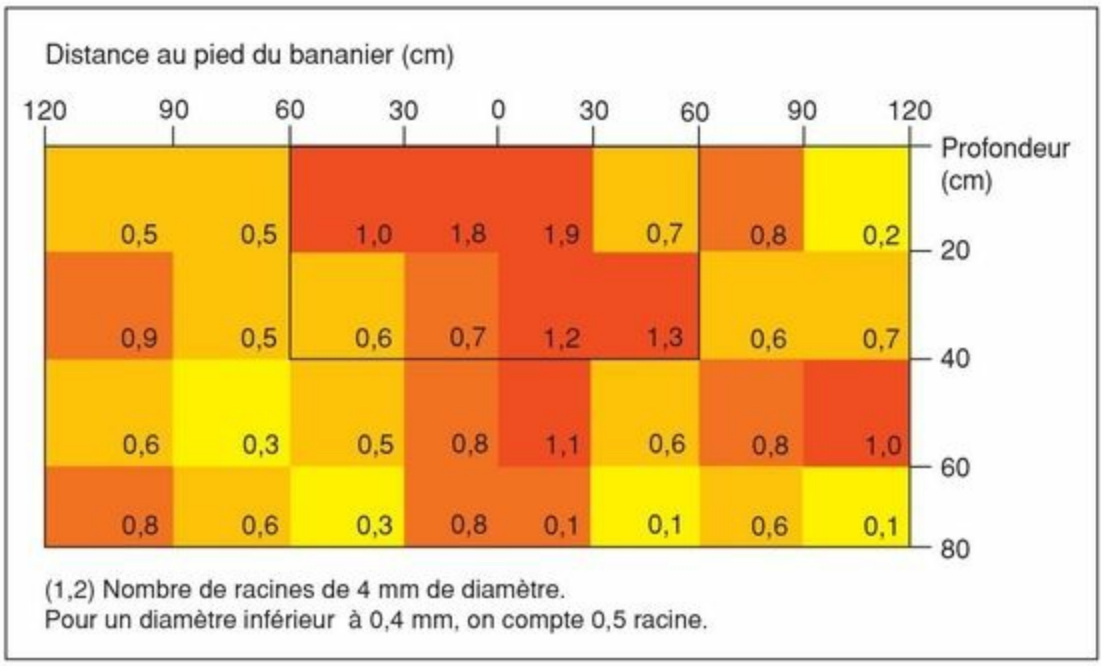


Figure 4. Densité racinaire autour de la plante (Cirad).

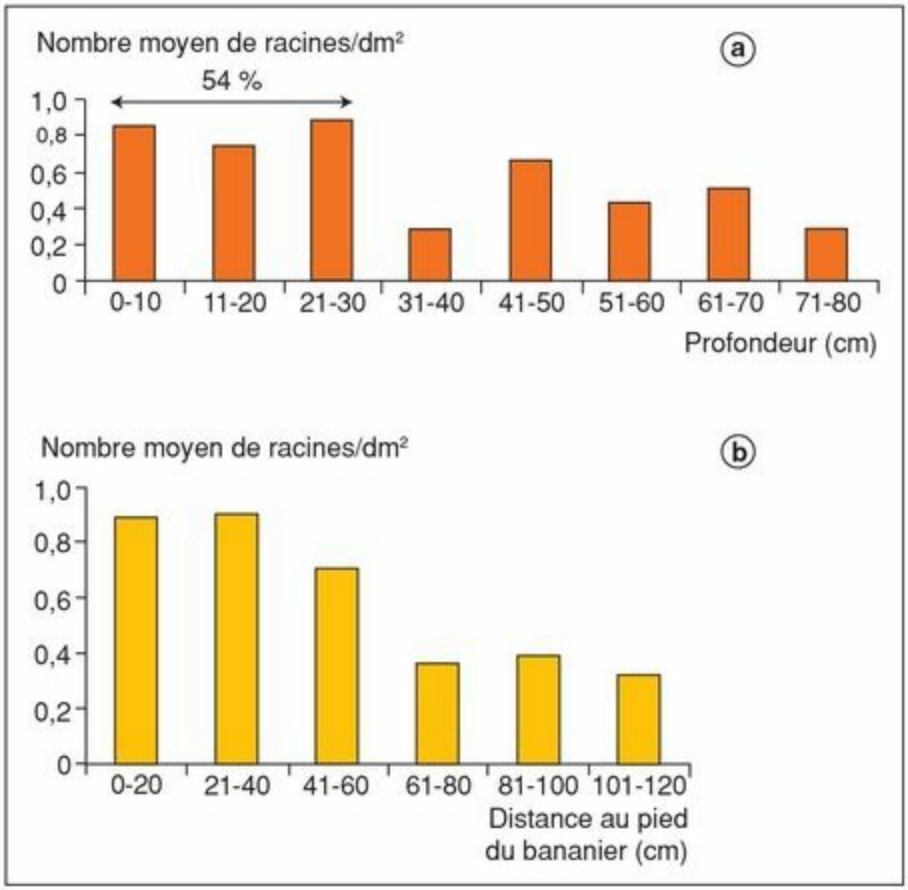


Figure 5. Distribution verticale (a) et horizontale (b) des racines de bananier (Cirad).

Poids frais

À la floraison, le poids frais de racines peut largement dépasser 5 kilos (7 à 8 kg en conditions optimales). Il est réparti de la façon suivante : plus de 50 % de 0 à 20 cm de profondeur, 20 à 40 % de 20 à 40 cm, 10 à 20 % au-dessous.

Longueur du système racinaire

Elle évolue sensiblement de la même manière que le poids. Le rapport poids des racines / longueur est supérieur à 5 en début de cycle, puis décroît ensuite.

Diamètre moyen des racines principales

Il est voisin de 0,50 à 0,60 cm (avec des extrêmes de 0,20 à 1 cm). Il semble qu'un nombre important de racines de diamètre moyen soit plus performant qu'un nombre restreint de grosses racines.

Ces caractéristiques du système racinaire sont très fortement influencées par l'alimentation hydrique et la circulation de l'eau (risques d'anoxie). Tassements, lits de compaction, discontinuités structurales amplifient le phénomène.

Croissance journalière d’une racine principale

En conditions optimales, elle est de l’ordre de 2,6 cm par jour (extrêmes entre 1,0 et 3,8 cm) pour les racines primaires et de 1,5 cm (extrêmes entre 0,2 et 2,2 cm) pour les secondaires. Là aussi, elle est corrélée avec l’équilibre air-eau du sol (fig. 6). En période d’irrigation, il faut être très attentif à ne pas exposer les racines à des anoxies temporaires. Les erreurs sont d’autant plus fréquentes que l’engorgement du bouquet foliaire se manifeste de la même manière dans le cas d’excès comme dans le cas de déficit hydrique.

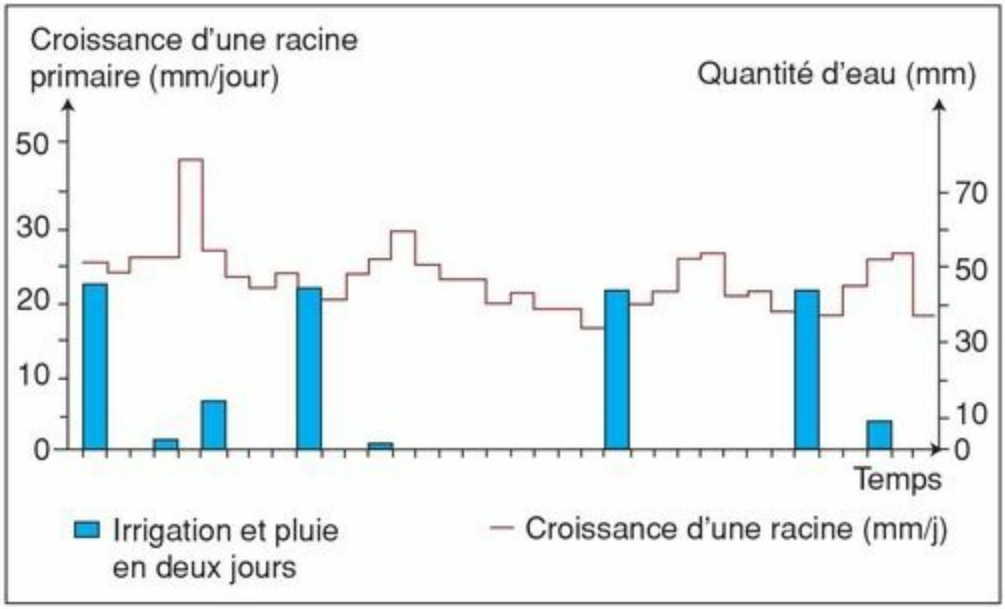


Figure 6. Influence d’une irrigation à trop forte dose sur la croissance des racines (Cirad).

Caractéristiques des racines secondaires

Fines, nombreuses, à durée de vie assez limitée, les racines secondaires sont difficiles à observer avec précision.

Racine primaire sans contraintes

Les racines secondaires d’une racine primaire sans contraintes n’apparaissent qu’au-delà de 15 cm à partir de l’apex de celle-ci (fig. 7, racine 1). La croissance est maximale pendant peu de jours (fig. 8). Cette distance entre l’apex de la racine primaire et la base des racines secondaires est un critère d’évaluation de la qualité du milieu au sens large.

Racine primaire se nécrosant

Lorsque une racine primaire se nécrose — il n’y a plus de dominance apicale — les racines secondaires se développent rapidement à proximité de l’apex inactif (fig. 7, racine 2). La prépondérance des racines les plus proches de

l’apex s’accentue et 1 à 3 racines (racines secondaires indéterminées) vont prendre le relais de la racine primaire. Une contrainte faible entraîne l’émission de quelques racines latérales proches, plus ou moins courtes.

Équilibre du système

En fonction des contraintes environnementales, un équilibre semble s’établir dans le système racinaire entre racines primaires et secondaires : ces dernières compensent les réductions d’activité des premières.

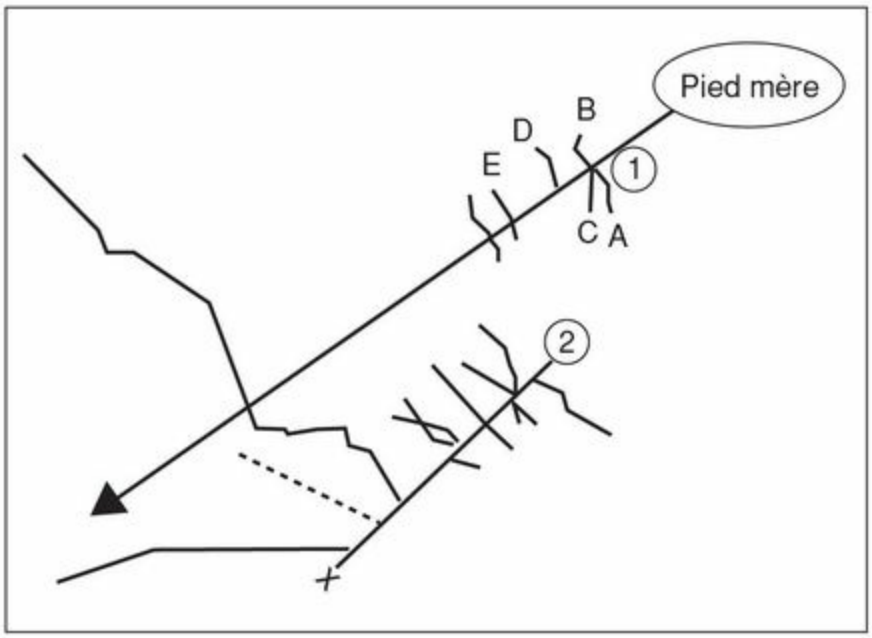
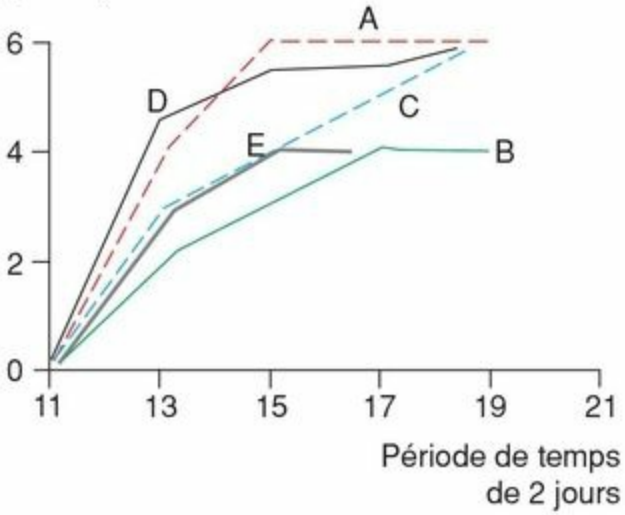


Figure 7. Schéma de la position des racines secondaires (Cirad). ① Racine primaire sans contrainte. ② Racine primaire dont la croissance est arrêtée par un obstacle (x), levée de la dominance apicale sur les racines secondaires.
Figure 8. Exemples de croissance des racines secondaires sur une racine principale normale (Cirad).



A, B, C, D, E : racines identifiées sur la figure 7.

Croissance et développement des feuilles

Le nombre de feuilles émises en phase autonome est quasi constant. Cependant, le temps entre la sortie de deux feuilles consécutives varie en fonction du stade de développement et des conditions de milieu. La longueur et la largeur du limbe s'accroissent au cours du cycle. La cinétique de la première génération est différente des suivantes. Le suivi du système foliaire permet de définir trois phases dans le développement végétatif. La phase de « feuilles étroites » est essentielle ; c'est un critère d'évaluation précoce du potentiel de production d'une parcelle, 6 à 10 mois avant la récolte.

Nombre de feuilles émises

Le nombre de feuilles émises en phase autonome est d'environ 24 pour les Cavendish de taille moyenne — de la première feuille ayant plus de 10 cm de large (f10) jusqu'à la dernière plus grande feuille, feuilles bractéales exclues. Leur durée de vie est fonction des contraintes du milieu, en particulier des attaques de cercosporiose et des défauts de nutrition.

Au moment de la sortie de l'inflorescence, il reste 11 à 15 feuilles fonctionnelles. Pour un développement correct des fruits jusqu'à la récolte, il faut au minimum 8 feuilles photosynthétisant (fonctionnelles) à la floraison, et au moins 4 à la récolte. Les feuilles anciennes (au-delà de la dixième) contribuent peu à la photosynthèse.

Caractéristiques des limbes

Les dimensions du limbe s'accroissent au cours du cycle (fig. 1) et caractérisent plus ou moins la variété. Il existe une corrélation étroite entre la longueur du limbe et la taille du pseudotronc au début de l'émergence du filament précurseur. La longueur du limbe engainé mesure environ 10 cm de moins que la hauteur du faux tronc.

La sensibilité à la lumière du filament précurseur (fig. 2) provoque l'arrêt de la croissance du limbe. La longueur et la largeur des feuilles s'accroissent depuis l'émission des premières feuilles, au stade jeune, jusqu'à l'approche de l'émission de l'inflorescence (fig. 3). Cependant, le rapport longueur / largeur varie et peut constituer un critère de développement du plant. Les feuilles successives ont un angle de divergence de 156° (angle de rotation autour de la souche).

Figure 1. Évolution des dimensions des feuilles au cours du cycle végétatif (Cirad).

Figure 2. Filament précurseur du cigare foliaire, sensible à la lumière (Cirad).

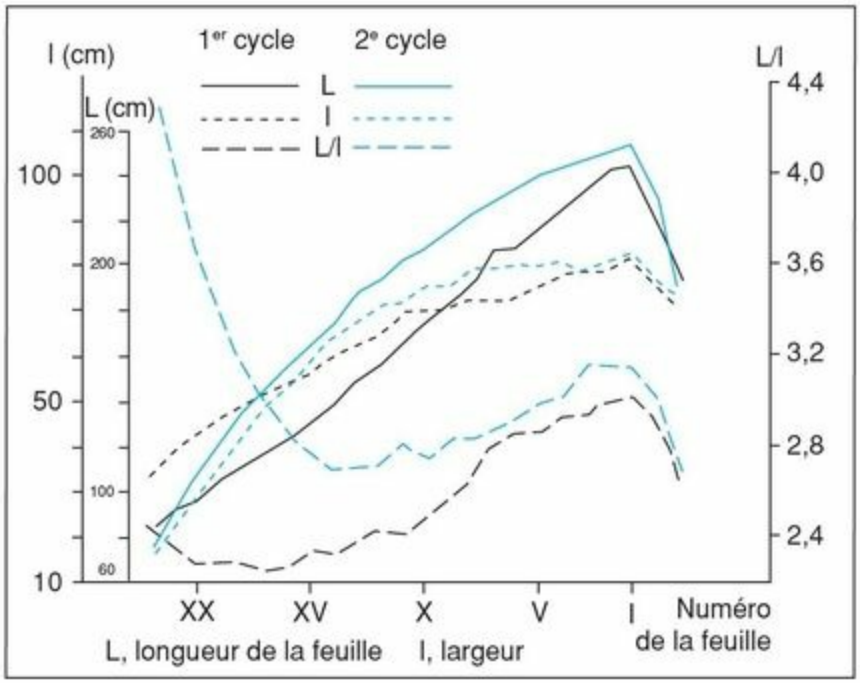


Figure 3. Évolution des dimensions des feuilles au cours du 1er et du 2e

cycle végétatif (Cirad).

L’étage supérieur est constitué des feuilles FI à FVII — FI étant la dernière feuille émise —, les autres sont masquées et ne reçoivent qu’un éclairement limité. L’incidence des facteurs du milieu n’est pas négligeable. Notamment, le rapport longueur / largeur est de 3,5 dans le cas de carence en cuivre, contre 2,3 en nutrition optimale.

Selon les variétés, les dimensions du limbe des trois plus grandes feuilles avant floraison peuvent être bien différentes. Par exemple, si l’on compare les variétés Gros Michel et Poyo, la surface de la feuille de même rang de Poyo est de 30 à 40 % inférieure à celle de Gros Michel et la surface verte à la floraison de Poyo est de 50 % inférieure.

Le calcul de la surface foliaire totale se fait selon la formule : Surface foliaire = L×l×0,8 × Nombre de feuilles × 0,662 avec longueur (L) et largeur (l) du limbe de la feuille la plus large (FIII) Il faut distinguer le premier cycle des suivants (fig. 3). Toutes les données nous amènent à la conclusion que le développement du bananier après replantation (matériel végétal classique ou vitroplant) est atypique. La stabilité est obtenue en deuxième cycle, où l’on a au moins 3 générations en même temps. La phase de jeunesse est essentielle dans le système biologique stabilisé.

Vitesse de sortie des feuilles

Émission foliaire

La durée de l’émission foliaire, temps entre l’étalement complet de deux feuilles successives, augmente des premières aux dernières feuilles émises par une tige (du stade œilleton au stade reproduction). L’incidence du milieu sur ce rythme n’est pas négligeable (fig. 4). L’action de la température est très sensible (harmattan en Afrique, hiver en Isral et Australie). En moyenne à 14 °C, une feuille est émise en 2 mois.

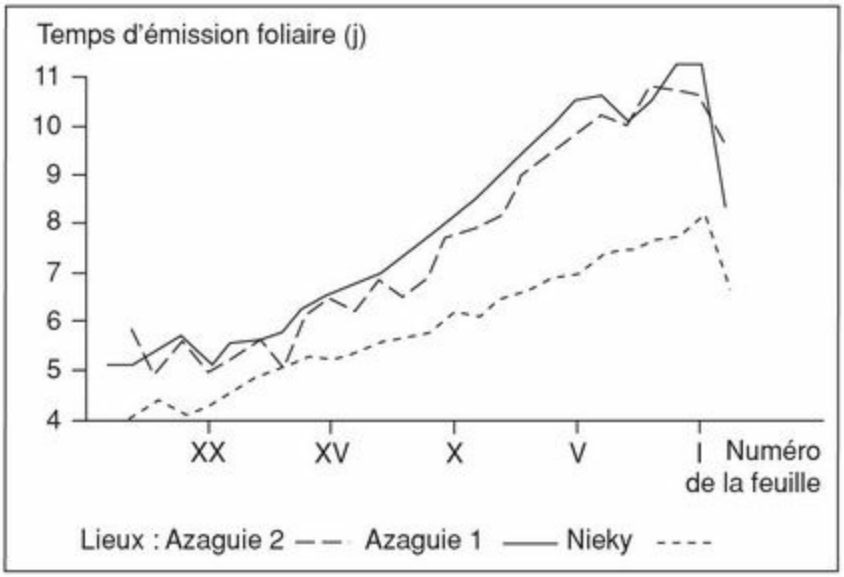


Figure 4. Évolution du rythme d'émission des feuilles au cours du cycle dans 3 régions bananières de Côte d'Ivoire (Cirad).

Sortie du cigare

La vitesse de sortie du cigare traduit l'allongement global de la feuille, elle intègre donc la croissance très active de la gaine et la fin de croissance du limbe. Pour des raisons pratiques, notamment en avertissement biologique de lutte contre les cercosporioses, on distingue 5 stades dans le déroulement du cigare (fig. 5). La vitesse de sortie du cigare a une allure de sigmoïde avec trois phases : lente avec la fin de croissance du limbe ; rapide et constante en début d'allongement de la gaine ; ralentie en début de déroulement du limbe. En phase constante, la vitesse est de 20 à 30 cm par jour.

La vitesse d'élongation de la gaine est influencée par les conditions de milieu, par exemple la température (fig. 6). C'est un bon indicateur végétatif.

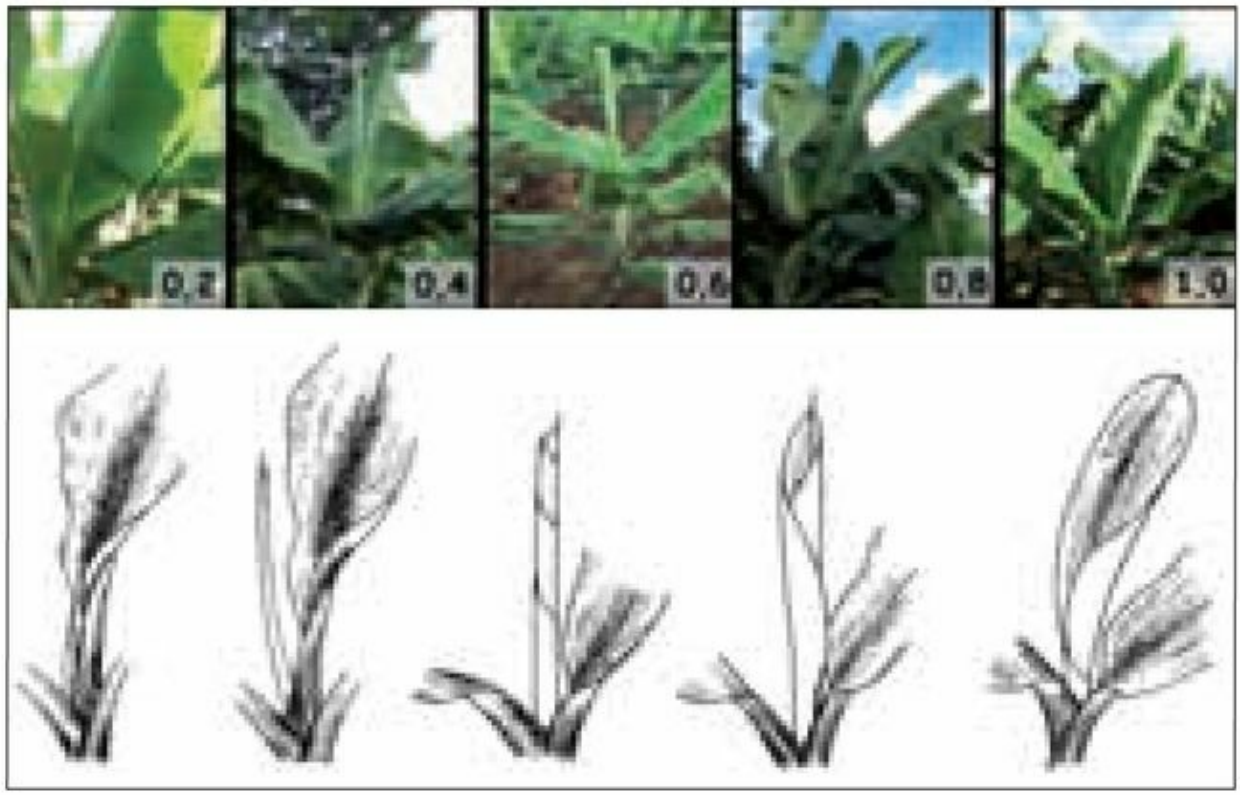


Figure 5. Les 5 stades de déroulement du cigare foliaire (1 = une feuille déroulée) (Cirad).

La sortie du cigare d'une feuille correspond à une croissance immédiate — en réalité de la gaine poussant le limbe —, alors que les caractéristiques dimensionnelles du limbe de cette feuille sont la résultante d'événements antérieurs de 2 à 3 semaines. Par exemple, la sortie du cigare de la douzième feuille (à partir de la première émise) ou feuille (n) se fait en même temps que la formation du limbe de la quatorzième, feuille (n + 2).

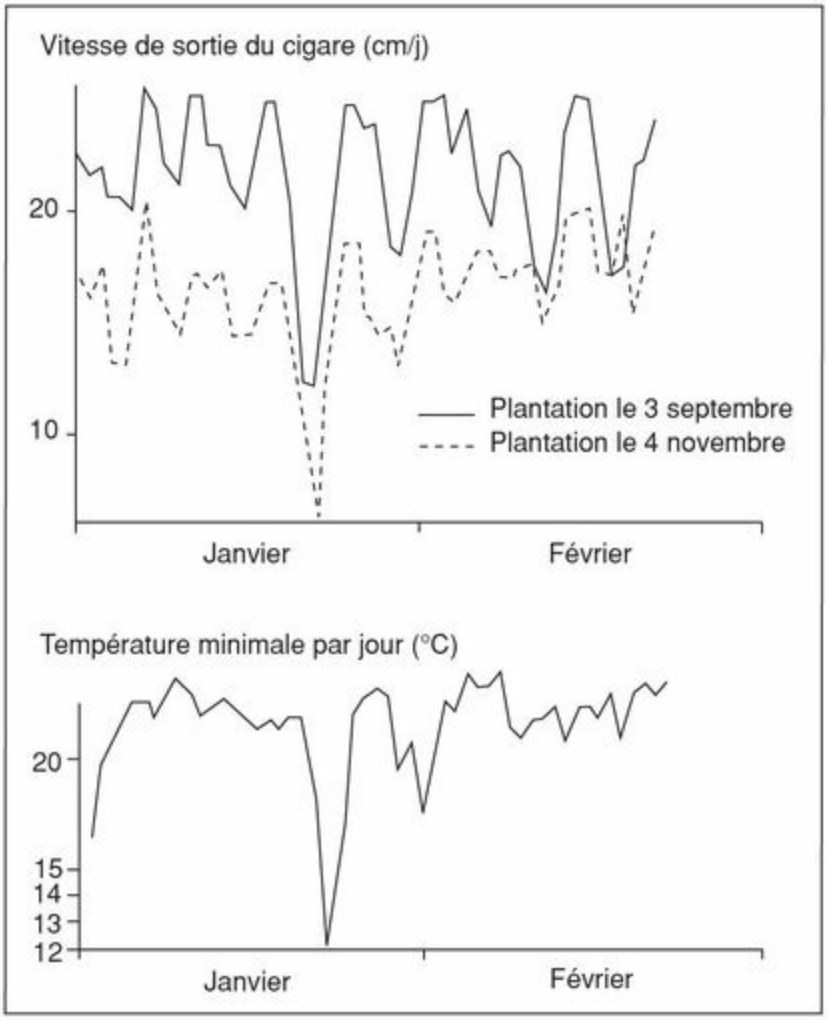


Figure 6. Effet de la température sur la vitesse de sortie du cigare foliaire (Cirad).

Phases de développement du système foliaire

Tout stress, notamment hydrique, a une action négative sur le développement du système foliaire, surtout par la désynchronisation de la croissance par rapport au développement. L'engorgement (fig. 7) lié à un stress peut entraîner la formation de feuilles supplémentaires de même taille.

Dans le développement végétatif du bananier, trois phases sont définies à partir du rapport longueur / largeur et du rythme de croissance du cigare — en dehors du premier cycle. Rappelons que les mesures du limbe donnent des indications avec 15 à 21 jours de retard, alors que les mesures de vitesse de sortie du cigare correspondent aux phénomènes instantanés.

• La phase de jeunesse se caractérise par l'émission de feuilles de moins en moins étroites. Longueur et largeur croissent de telle façon que leur rapport

diminue (comme pour le rapport croissance diurne/croissance nocturne du cigare).

• Au cours de la phase végétative indépendante, largeur et longueur s'accroissent de telle façon que leur rapport reste à peu près stable pour une variété donnée.

• Au cours de la phase végétative apparente, la largeur augmente peu, alors que la longueur continue de s'accroître. Le rapport longueur / largeur augmente régulièrement, le rapport croissance diurne / croissance nocturne du cigare reste constant. Il s'agit de la sortie des feuilles encore dans le pseudotronc, alors que le méristème apical est en phase reproductive.

Figure 7. Effet du déficit hydrique sur la sortie des feuilles : symptôme d'engorgement (Cirad).

Croissance et développement de l’inflorescence

Les étapes de développement végétatif, en particulier la phase de jeunesse, ont des répercussions capitales sur la croissance et le développement de l’inflorescence. L’inflorescence est initiée précocement (détermination du nombre de mains et doigts), lorsque les bananiers ont 12 à 14 feuilles émises (de plus de 10 centimètres de large). Sa montée dans le faux tronc et la croissance des fruits en longueur sont surtout marquées de 10 jours avant le stade fleur pointante à 30 jours après. L’examen des gradients de longueur et de grade dans le régime fait apparaître la prédominance du premier mois après le stade fleur pointante pour la détermination de la longueur. L’accroissement de grade (diamètre transversal) est soumis aux conditions écologiques prévalant jusqu’à la récolte.

Croissance générale de l’inflorescence

Quinze jours avant le stade fleur pointante (fig. 1), l’inflorescence ne mesure que 2 cm de long, la hampe florale n’a pratiquement pas commencé son élongation dans le pseudotronc.

L’ensemble comprenant la hampe florale, les entre-nœuds des bractées vides et l’inflorescence proprement dite (fig. 2) s’accroît d’environ 15 cm par jour à partir de la sortie de la FII, avant-dernière feuille émise.

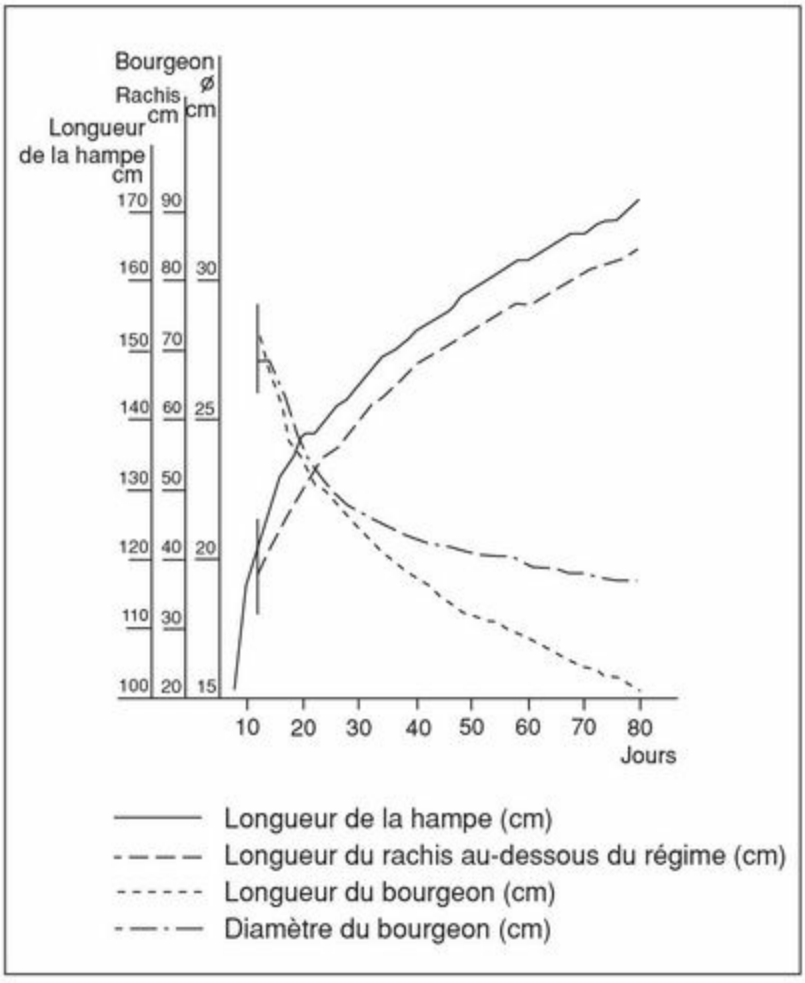
Croissance des fruits

Fruit médian de la deuxième main

La longueur est mesurée de l’apex au point d’attache sur le coussinet. Le grade est le diamètre pris dans la partie médiane et perpendiculairement au plan de courbure des fruits.

Figure 1. Inflorescence au stade fleur pointante (Cirad).

Figure 2. Croissance de l'inflorescence (Cirad).



L’allongement de l’ovaire pendant les quelques jours encadrant le stade fleur pointante est très élevé. En 10 jours, la longueur est multipliée par 2,5 (fig. 3 et 4). Lorsque la bractée se relève, les fruits ont atteint 60 à 65 % de leur longueur finale.
L’accroissement du diamètre du fruit est également très élevé pendant les 10 jours encadrant la fleur sortante (fig. 5). Contrairement à la longueur, la vitesse de grossissement reste sensiblement constante jusqu’à la récolte. Au moment du relèvement de la bractée, les fruits ont atteint 35 à 50 % de leur diamètre à la récolte.
Le fruit, anguleux au stade jeune, devient progressivement cylindrique (fig. 6). La surface transversale à mi-longueur présente un palier vers 30 jours après la sortie du tronc.
La courbe d’évolution du poids frais suit une double sigmoïde, avec un palier entre 25 et 35 jours. La première sigmoïde correspondrait au développement de la peau, la seconde traduirait celui de la pulpe. Pendant le premier mois après floraison, la peau représente près de 80 % du poids total. Le poids de la pulpe augmente selon une progression géométrique. Ainsi, le rapport des poids frais pulpe / peau passe de 0,17 à 1,82 en 90 jours. L’équilibre entre pulpe et peau est atteint en poids frais à 70 jours après la floraison, alors qu’en matière sèche il est obtenu à 45 jours après la floraison. La teneur en eau de la pulpe passe de 91 à 74 % entre 14 et 70 jours après la floraison, puis reste stable.

Figure 3. Deuxième main d’une inflorescence située à 80 cm au-dessus du collet (en sortie de première bractée florale = feuille bractéale) ; ovaires de 20

mm de longueur (Cirad).

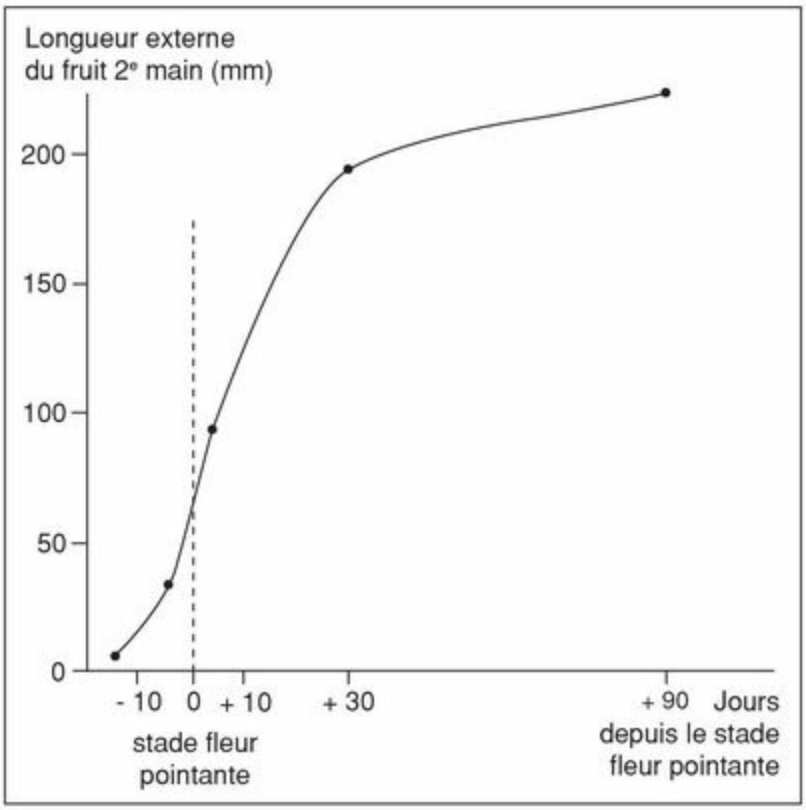


Figure 4. Évolution de la longueur du doigt (Cirad).

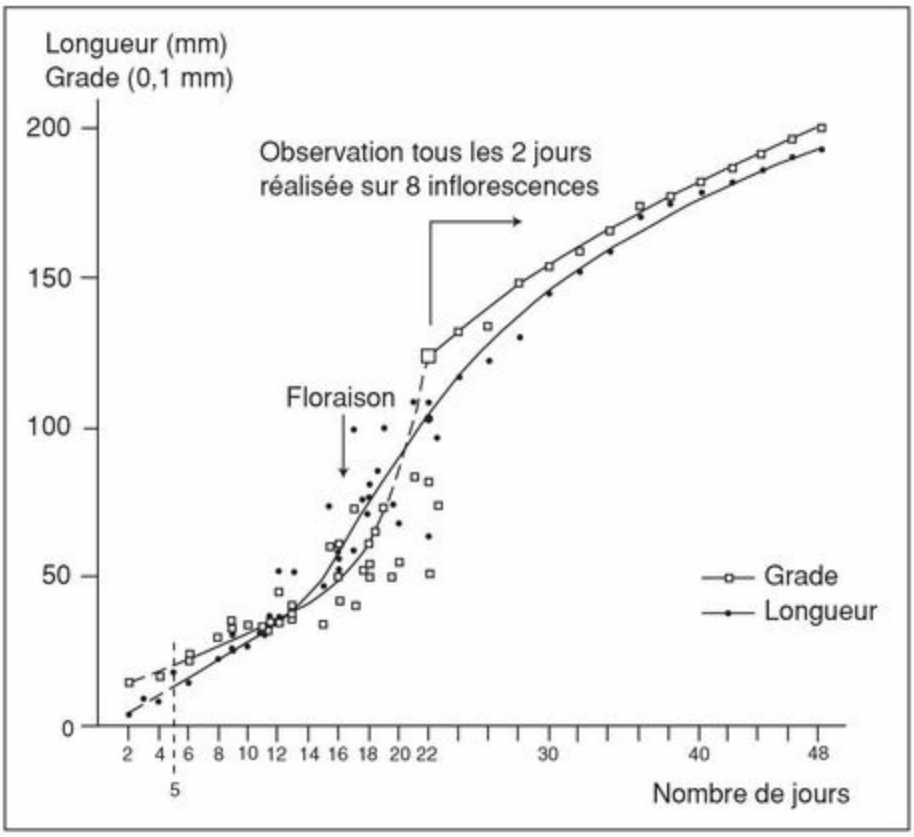


Figure 5. Évolution de la longueur et du grade (Cirad).

Gradients de croissance dans le régime

Les écarts de longueur entre la deuxième et la dernière main (fig. 7) s'accroissent du début de relèvement des doigts jusqu'à la récolte, mais la valeur relative reste constante (environ 20 %).

En revanche, pour le grade, les écarts ne deviennent importants qu'au cours du mois précédant la récolte.

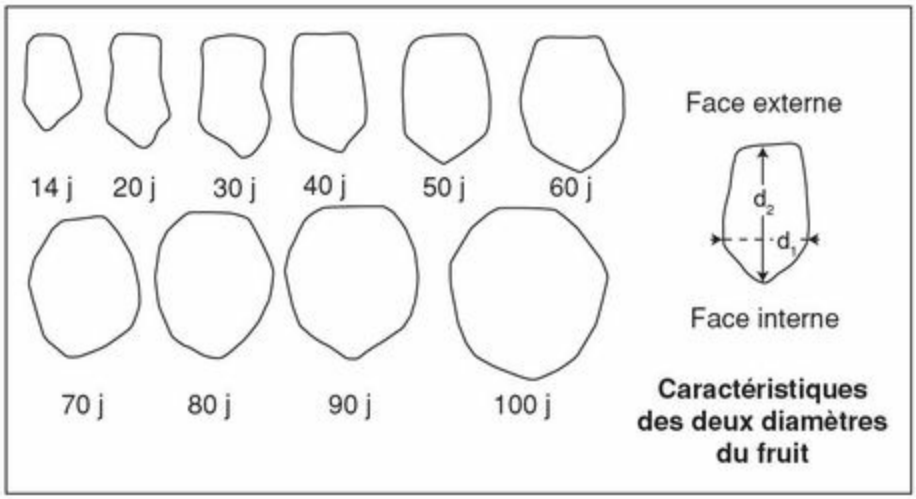


Figure 6. Évolution de la forme de la surface transversale du fruit médian de la seconde main depuis la floraison (fleur pointante) jusqu'à la récolte (Côte d'Ivoire 1974) (Cirad).

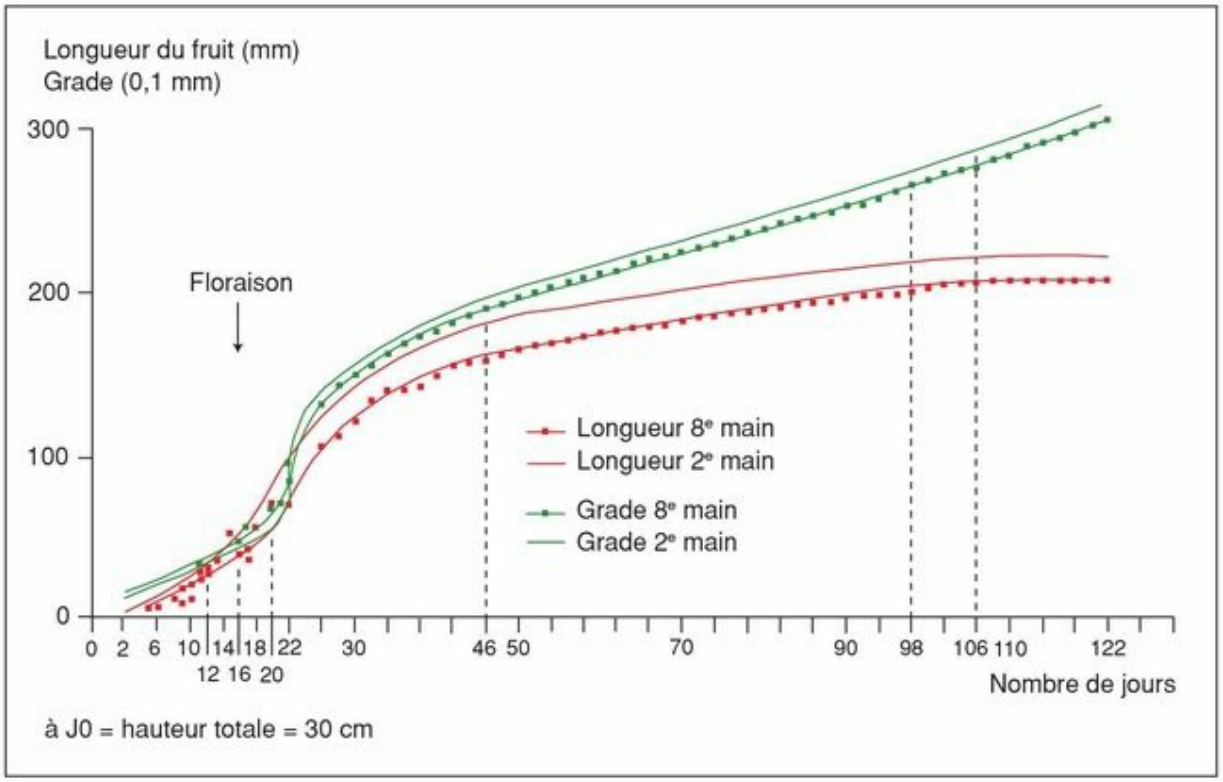


Figure 7. Évolution de la croissance en grade et en longueur du fruit médian des mains 2 et 8, entre 16 jours avant la fleur pointante et 106 jours après (cv. Poyo) (Cirad).

Modèle de croissance du fruit

Quatre périodes essentielles sont à retenir (fig. 8) pour les variétés Cavendish :

– croissance faible jusqu'au début de l'allongement de la hampe florale ;

– divisions cellulaires très actives de 10 jours avant à 30 jours après la sortie de l'inflorescence à l'extérieur ;

– accroissement cellulaire de 30 à 80 jours ;

– phase finale de maturation.

Pour suivre la phase de maturation — qui commence avant la récolte et avant le remplissage maximal des fruits —, l'âge du régime est exprimé en degrés-jour cumulés depuis le stade de floraison. Le temps écoulé entre la récolte et le début de la phase climatérique (changement de couleur, ramollissement de la pulpe) est appelé « durée de vie verte » (DVV). Cette durée est fortement corrélée à la somme thermique (ST) cumulée de la floraison à la récolte. Une

relation exponentielle décroissante existe entre l'âge en degrés-jour et la durée de vie verte.
Le bananier suit un schéma de fonctionnement dans lequel le développement précoce des organes (en particulier la phase de mise en place du nombre de cellules) conditionne la force de « puits » de l'organe pendant son remplissage.
D'un point de vue pratique, il faut retenir que la période préflorale (de 1 mois) et le mois suivant la sortie de l'inflorescence sont primordiaux pour obtenir des fruits longs et peu courbés.
La prise en compte du stade de développement est capitale pour intervenir efficacement sur les composantes du poids des fruits. Des interventions comme le gainage et l'ablation de mains doivent être faites avant la fin des divisions cellulaires, celles-ci étant influencées par la température et les ressources nutritives.
Dans le cas d'une intervention tardive, pour l'ablation de mains par exemple, la vitesse de remplissage des cellules, donc l'accroissement en grade, n'est améliorée que si les conditions de croissance sont limitantes.

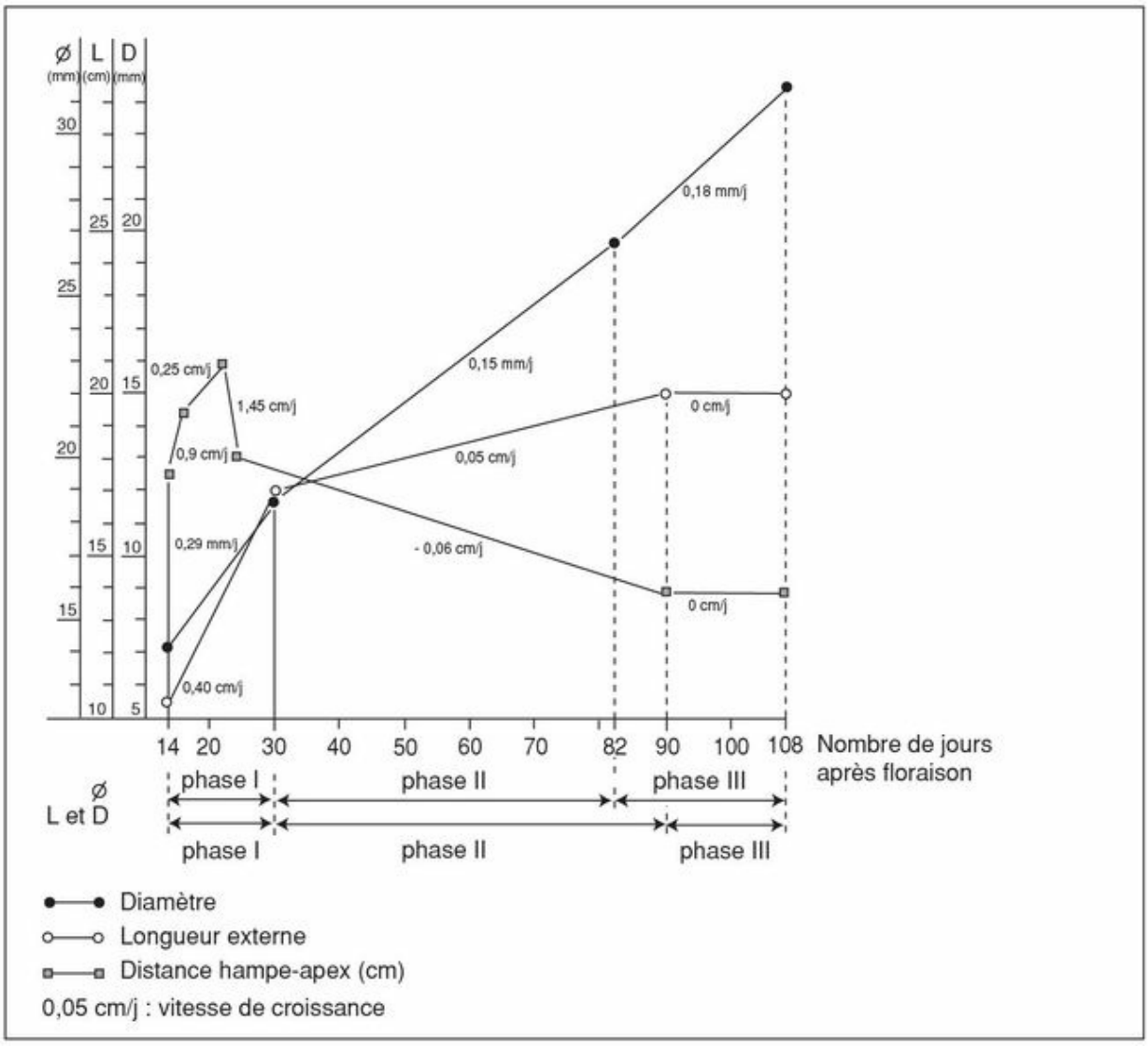


Figure 8. Schéma des phases de croissance du fruit (Cirad).

Croissance et développement des rejets

Les caractéristiques du pseudotronc sont le reflet des conditions agricoles et environnementales. Elles constituent un bon élément de diagnostic des conditions de culture au sens large. Cependant, l'optimisation des phases de développement est liée à la maîtrise de la succession des générations. La croissance de la tige fille sous le contrôle de la tige mère en phase de reproduction conditionne la conformation du régime produit ultérieurement.

Succession des générations

Comment choisir et quand choisir le rejet successeur (fig. 1) ? Et comment le maintenir suffisamment de temps en phase de jeunesse ou de transition ?

Figure 1. Importance du choix du rejet successeur. Quand ? Comment ? (Cirad).

Rappelons que le bananier est une herbe pérenne possédant une tige compacte (bulbe = souche = rhizome = tige) dont le méristème terminal donne l'inflorescence. La génération suivante est assurée par un rameau axillaire — bouton, bourgeon, puis rejet. Le premier cycle de production partant de la mise en culture au champ jusqu'à la récolte du régime constitue un cas particulier du comportement du bananier, aussi bien en utilisant du matériel traditionnel que des vitroplants. C'est seulement à partir de l'émission du rejet de deuxième cycle que le bananier est physiologiquement

stable.

Formation et répartition des rejets sur la tige souterraine

Le premier signe de formation des bourgeons s'observe au niveau de la sixième feuille émise (perceptible par un renflement entre les marges pétiolaires). On observe rarement des bourgeons à la base des 12 dernières feuilles formées par le méristème apical, période qui correspond à la mise en place de la phase de reproduction. Il est probable que la feuille et son système axillaire soient reliés à un même champ morphogénétique. La partie abaxiale soumise à l'influence organisatrice du méristème caulinaire agissant à courte distance évolue en feuille. La partie adaxiale de ce champ se développe, mais plus tard, en bourgeon — sous l'action favorable de la feuille et négative de l'apex.

Chaque bourgeon (fig. 2) se localise dans la base du V de la gaine foliaire. L'ordre d'apparition des bourgeons suit exactement la phyllotaxie, l'angle de divergence est voisin de 140°. En reliant les points d'insertion par 5, on schématise un pentagone (fig. 3). Ce pentagone tourne vers la droite par pas de 20°. Les bourgeons du premier pentagone sont les plus âgés et localisés en bas de la tige (fig. 4).

Figure 2. Localisation du bourgeon axillaire à la base du V de la gaine foliaire (stade optimal pour effectuer un œilletonnage précoce) (Cirad).

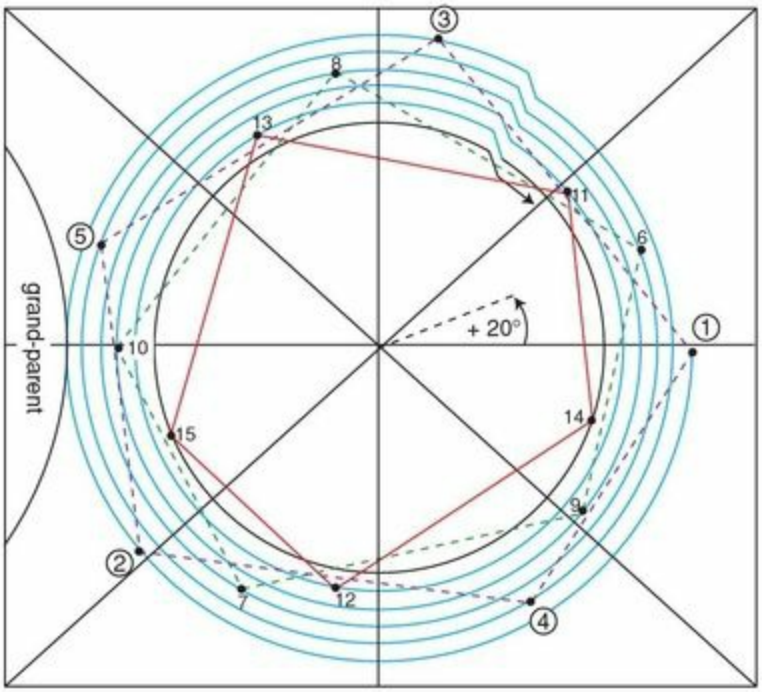


Figure 3. Disposition et ordre des rejets sur un bananier en phase végétative (d'après De Langhe, 1961).

Figure 4. Premier pentagone de rejets sur un vitroplant de bananier (Cirad).

Des difficultés de croissance ou des anomalies de développement sont assez souvent présentes. C'est le cas de la première couronne (pentagone) de rejets des vitroplants, qui doit être souvent supprimée. Les bourgeons sont formés en dessous de la souche et doivent produire un long rhizome pour atteindre la surface du sol.

Relation entre le pied mère et ses rejets et entre les rejets frères

Ces interactions sont hormonales et nutritives. Le fait de garder plusieurs

rejets, parfois jusqu'à un stade avancé, entraîne une compétition pour l'alimentation et surtout un certain blocage du développement des uns et des autres. La suppression très précoce de la compétition améliore très fortement la croissance et le développement du rejet qui sera le successeur. Il faut obligatoirement tenir compte de ce processus dans la gestion de la succession des générations : stade de sélection, choix du successeur (fig. 5).

Comportement du bananier en dehors du premier cycle

Le pied mère assure un contrôle plus ou moins strict et long sur ses rejets par une action hormonale sur le développement.

Figure 5. Passage du rejet successeur en phase autonome : a, trop rapide ; b, moyen ; c, satisfaisant (Cirad).

Entre le début de la montée de l'inflorescence dans le faux tronc et la récolte du régime du pied mère, une bonne croissance en taille — liée à un bon rythme d'émission foliaire — est un facteur extrêmement favorable à la production des rejets. Une évolution lente des dimensions foliaires (fig. 6) traduit un bon contrôle hormonal, qu'il est utile de maintenir le plus longtemps possible. Ne pas recéper le faux tronc à la récolte, ni les feuilles s'il n'y a pas de cercosporiose.

La situation la plus défavorable au développement des rejets correspond à une croissance en taille faible, alors que l'émission foliaire est satisfaisante, c'est-à-dire une désynchronisation entre croissance et développement. Dans ce cas, le passage du rejet à la phase autonome (feuilles larges) est rapide, mais l'accumulation de réserves dans la souche est insuffisante pour assurer une bonne différenciation florale du rejet sélectionné en raison du nombre

réduit de mains et de doigts femelles.
En conditions optimales, il peut y avoir compétition nutritive entre le régime et le rejet. La fertilisation doit être presque doublée au cours de cette période. Surveiller les équilibres entre potassium et azote (K/N) et entre potassium et magnésium (K/Mg).

Incidence de la croissance et du développement du rejet successeur

Il faut retenir que la conformation du régime produit par le rejet successeur est étroitement liée à la croissance et au développement de celui-ci pendant la période floraison-récolte de sa mère (fig. 6).
L'objectif est de sélectionner précocement le rejet successeur et de le maintenir le plus longtemps possible en phase de jeunesse, c'est-à-dire sous le contrôle du pied mère (fig. 7). Le passage à la phase adulte doit être progressif, après constitution d'une biomasse abondante.

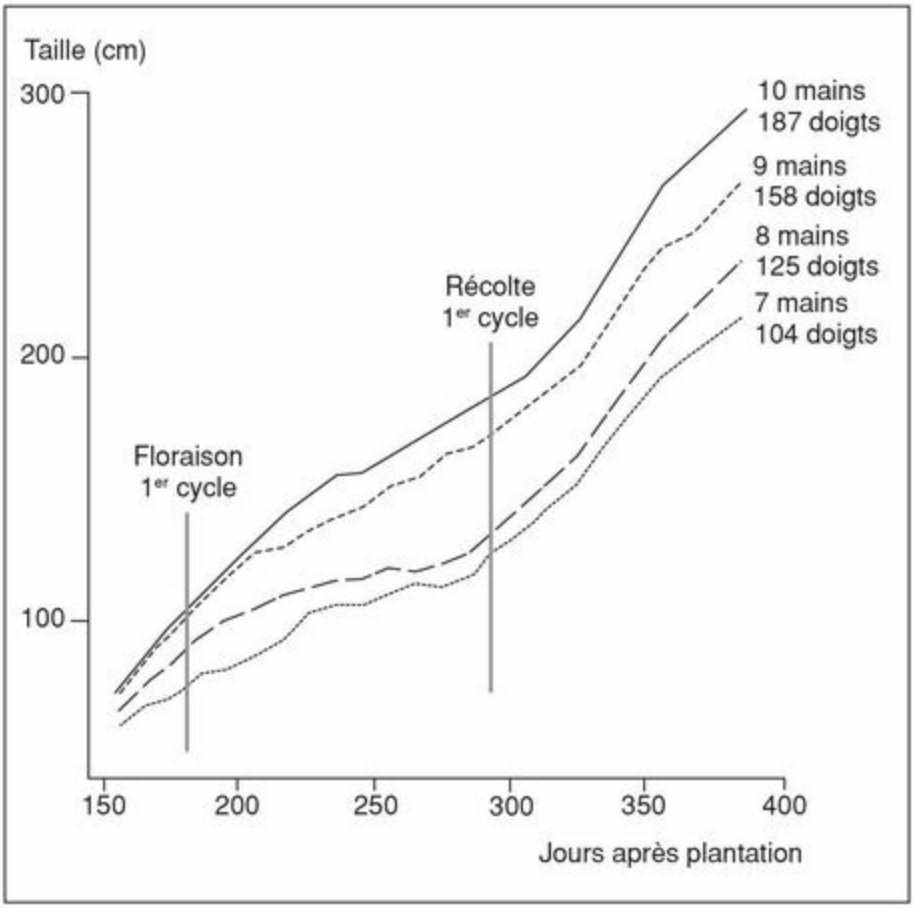


Figure 6. Incidence de la croissance du plant successeur au stade rejet (entre la floraison et la récolte de son pied mère en premier cycle) sur le nombre de

mains et de fruits qu’il produit (Cirad).

Figure 7. Incidence du stade pour le choix du rejet successeur : a, pas d’œilletonnage ; b, œilletonnage précoce (Cirad).

Phases de développement

Le bananier est dans son état d'équilibre à partir de la formation des bourgeons latéraux assurant la pérennité de la plante. Les relations entre tige mère et tiges filles, et entre les tiges sœurs, sont différentes d'une variété à l'autre. Pour les variétés du sous-groupe Cavendish, la sélection d'un seul successeur est la règle commune.

La définition classique d'un cycle (une génération) — de la récolte du cycle n à la récolte du cycle n + 1 — n'a pas de signification physiologique pertinente, car on oublie une période végétative importante qui correspond à la sélection et au développement du rejet n + 1 bien avant la récolte du régime n.

Phase végétative

Phase de jeunesse

L'œilleton produit d'abord des « écailles », le limbe est absent, la nervure et le pétiole sont très réduits, puis des feuilles s'accroissent en longueur avec un limbe très étroit, la nervure, seule au début, puis le limbe s'élargit. Le rapport foliaire longueur / largeur du limbe, très élevé au début, diminue progressivement. Lorsque la première feuille dont le limbe fait plus de 10 cm de large (f10) est émise, cela correspond au passage à la phase autonome.

C'est la période au cours de laquelle le rejet est sous l'influence du pied mère ayant formé son inflorescence (fig. 1). L'inhibition disparaît plus ou moins tôt, au voisinage de la récolte. Pour obtenir un bon potentiel de production, il importe que la diminution de l'inhibition soit lente et régulière. Autrement dit, l'accroissement de la largeur des feuilles doit être progressif et par conséquent il faut qu'il y ait de nombreuses feuilles de moins de 10 cm de large.

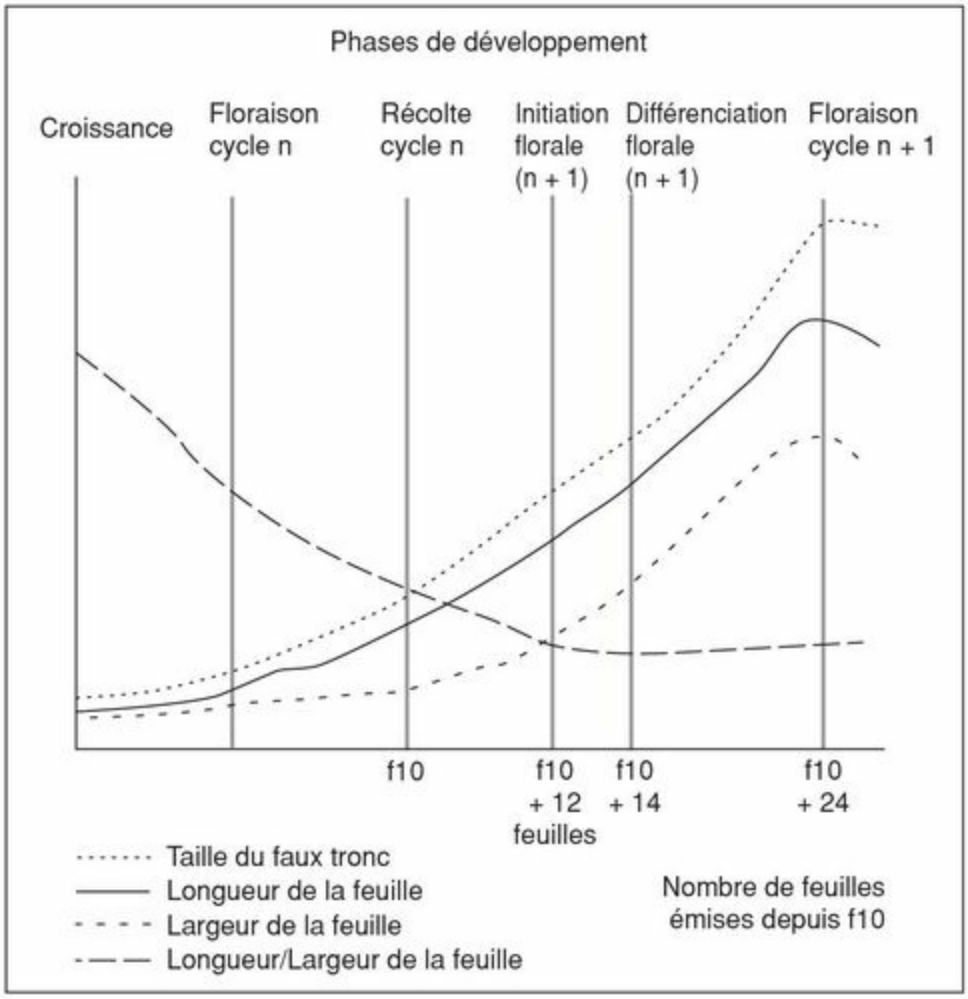


Figure 1. Caractéristiques de la phase végétative (cycle n + 1) avec visualisation des stades de la phase reproductive concomitants (Cirad).

Phase végétative indépendante

Le lien hormonal avec le plant mère disparaît. Le rapport longueur/largeur du limbe est faible, les dimensions foliaires augmentent régulièrement d'une feuille à la suivante. Cette phase se termine au moment de l'initiation florale.

Vu de l'extérieur, cela correspond à l'émission de la 12^{e} ou 13^{e} feuille après la f10. À ce stade, 12 autres feuilles sortiront encore du faux tronc. C'est pour cela qu'en pratique on parle de phase végétative indépendante (12 feuilles après la f10).

Phase végétative apparente

Alors que le méristème apical est en phase reproductive, la sortie des feuilles se poursuit jusqu'à l'apparition de l'inflorescence au centre du bouquet foliaire.

Phase reproductive

Phase d’initiation et de différenciation

Elle va de la transformation du méristème terminal végétatif en apex floral jusqu’au commencement de l’allongement rapide de la hampe florale (fig. 1). Il reste environ 12 feuilles à sortir du faux tronc lorsque l’initiation florale commence. La différenciation en organes sexuels se déclenche 2 feuilles après, pour s’achever à la sortie de la feuille la plus longue, c’est-à-dire au début de l’allongement de la hampe florale. Cette période est concomitante à la phase végétative apparente.

Phase de croissance générale de l’inflorescence

Elle commence lorsque l’inflorescence monte au centre du cylindre central pour se terminer à la récolte (ou à la coupe du bourgeon terminal). La réduction de la longueur du limbe foliaire est la première manifestation visible de la montée de l’inflorescence.

Phase de croissance des fruits

On peut la diviser au moins en trois périodes (cf. fig. 8, p. 57) :

– une période de divisions cellulaires. Elle s’achève au redressement des fruits, environ 3 semaines après le stade fleur pointante, c’est-à-dire au stade de soulèvement de la bractée de la fausse main ;

– une période de remplissage des cellules. Il y a accumulation d’amidon à l’approche de la récolte. Elle s’achève à la récolte ;

– une période de maturation. Elle débute probablement avec l’accélération de la croissance en grade et se poursuit jusqu’à la consommation de la banane.

Toutes ces phases sont liées plus ou moins fortement à des accumulations de « degrés-jour ». À titre indicatif, avec un seuil de température de 14 °C, on peut proposer les valeurs suivantes.

• Entre la plantation (vitroplants) et la première récolte (cycle 1), le cumul est de 3 400 degrés-jour, soit : 1 100 de la plantation à l’initiation florale, 1 150 de l’initiation florale au stade de la fleur pointante et 1 150 de la fleur pointante à la récolte.

• Pour les cycles 2 et suivants (cas d’un œilletonnage précoce), entre deux récoltes successives le cumul nécessaire est de 2 800 degrés-jour, soit 500 degrés-jour entre la récolte du régime du pied mère (Yn) et l’initiation florale du successeur (Yn + 1), 1 150 degrés-jour de l’initiation florale à la fleur pointante et 1 150 degrés-jour de la fleur pointante à la récolte.

Nutrition du bananier

Les racines sont la charnière entre la photosynthèse et la protéosynthèse. Ainsi, la photosynthèse n'est possible que si l'alimentation hydrique est optimale, la croissance de la plante n'est possible que si les besoins azotés sont satisfaits.

Indications générales sur la synthèse végétale

La photosynthèse (dans les feuilles) produit les glucides de soutien (cellulose), de réserve (amidon) et des métabolites intermédiaires. Le métabolisme de l'azote minéral (protéosynthèse) aboutit à la formation des protéines, histones et bases nucléiques dont les rôles sont de quatre ordres : structuration de la cellule, régulation enzymatique, acides nucléiques, support réactionnel actif des mitochondries et des chloroplastes. Les besoins alimentaires du bananier font intervenir des éléments organisables (gaz carbonique, azote et phosphore) et des éléments d'accompagnement (macro et micro-éléments minéraux).

Nutrition

L'activité du système racinaire et du système foliaire devant être optimale, il importe que la plante soit elle-même dans les conditions écologiques les plus appropriées (parasitisme, état physique du sol, éclairement).

Le respect de certains équilibres entre éléments minéraux est essentiel, tout particulièrement entre les cations.

Nutrition azotée

L'azote est le moteur de la croissance. Son métabolisme dirige la formation des feuilles notamment leur vitesse d'émission et les dimensions des limbes. La masse d'azote s'accroît très fortement au cours de la phase végétative (fig. 1).

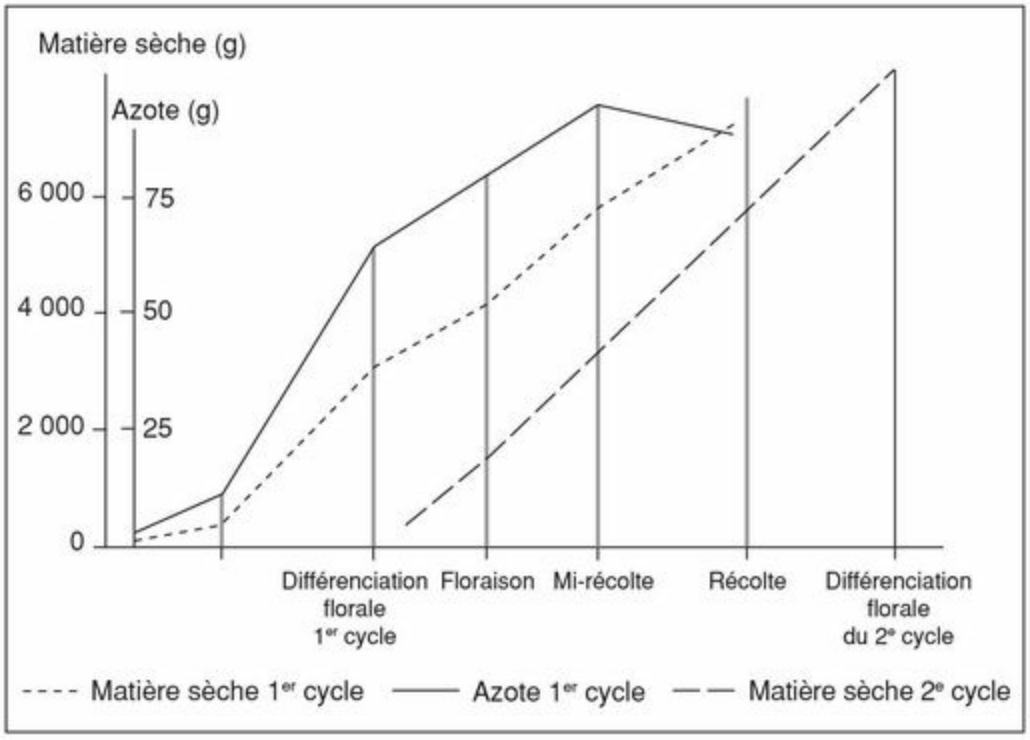


Figure 1. Évolution de la masse d'azote et de la matière sèche de la plante au cours du 1er cycle et au début du 2e cycle. (Cirad).

Le bananier n'est pas capable d'absorber des quantités importantes d'azote s'il ne lui est pas possible de les utiliser au fur et à mesure dans les processus de croissance. L'azote absorbé est obligatoirement utilisé immédiatement, il n'y a pas de stockage.

La fourniture d'azote doit donc être échelonnée et adaptée au rythme d'absorption. Il faut tenir compte de la libération d'azote par la matière organique du sol et des restitutions par la culture (ou apports de composts). L'apport d'azote soluble en période de photosynthèse réduite est incapable de stimuler la croissance.

En phase florale, les excès d'azote peuvent conduire à des métabolites intermédiaires médiocres et responsables de dégrain.

Nutrition en phosphore

Le phosphore conditionne les synthèses protéiques fondamentales (nucléotides, nucléoprotéines, adénosine triphosphate ATP...).

Élément essentiel dans les phases juvéniles (œilletons), les besoins en phosphore sont faibles mais stricts. La déficience limite l'absorption du potassium.

Nutrition en potassium

Le potassium a un rôle majeur dans la régulation de la pression osmotique (contrôle de la transpiration). Il a un effet positif en début de phase reproductive et favorise la constitution de réserves à degré de polymérisation élevé.

L'absorption est maximale en phase d'initiation florale et pendant la montée de l'inflorescence dans le faux tronc. La possibilité de stockage important de potassium dans le système foliaire (fig. 2) autorise une certaine latitude dans la fourniture de cet élément par la fertilisation. Cependant, un équilibre optimal est nécessaire entre l'absorption d'azote et celle de potassium.

Nutrition en calcium

Le calcium est fixé dans les molécules stables des lamelles moyennes des membranes. Activateur des phosphatases, il intervient dans la régulation de la perméabilité cellulaire et le déclenchement des mitoses, ainsi que dans l'élimination des déchets du métabolisme. Le calcium des organes âgés n'est pas mobilisable au profit des parties jeunes.

En cas de carence, le calcium ne migre pas à partir des feuilles basses ; la teneur en magnésium est augmentée. L'antagonisme entre Ca et Mg devient plus fort qu'entre K et Mg ; K/Mg diminue.

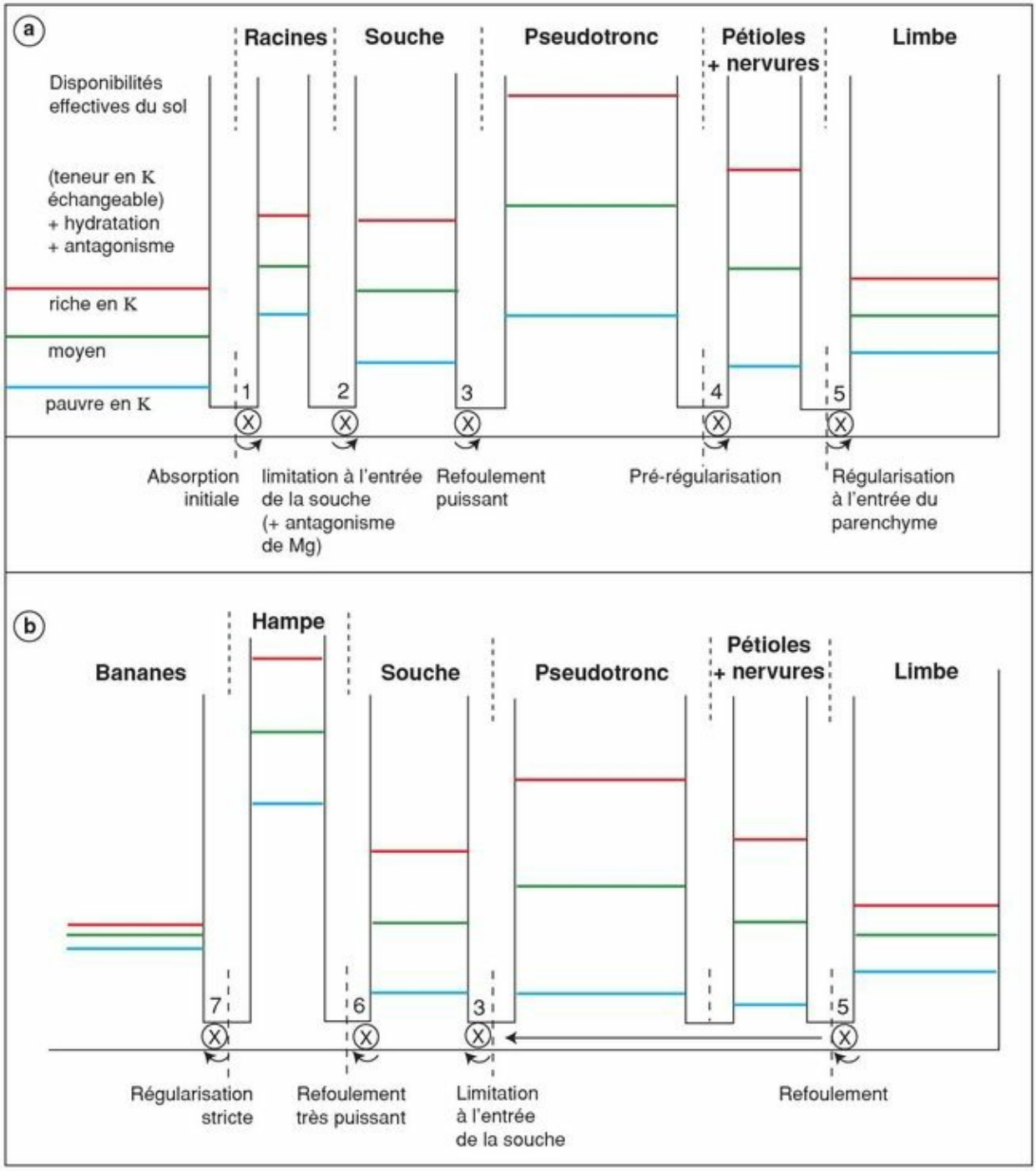


Figure 2. Schéma des relations entre les organes végétatifs adultes pour l'absorption et l'assimilation du potassium (a), et entre organes végétatifs pour la redistribution du potassium (b) (d'après Martin Prével, 1966).

Nutrition en magnésium

Activateur de nombreuses enzymes, le magnésium entre dans la composition de la chlorophylle. Les besoins du régime sont importants.

En cas de manque, le magnésium des feuilles les plus anciennes migre vers les plus jeunes et vers le régime.

Nutrition en soufre

Entrant dans la composition de certains acides aminés et vitamines, le soufre a un rôle catalytique dans la synthèse de la chlorophylle et dans le transport des ions hydrogènes.

Nutrition en microéléments

Ce sont des éléments minéraux indispensables, mais en petites quantités.

Bore

Il intervient dans le métabolisme des glucides.

Cuivre

Il intervient dans la photosynthèse et la nitrification. La carence en cuivre est rare et sévit essentiellement dans les tourbières récemment mises en culture. Sa caractéristique principale est un port en parasol.

Molybdène

Il entre dans la constitution des flavoprotéines. Aucune déficience n'a été démontrée sur bananier.

Zinc

Il influe sur la synthèse de l'auxine et du tryptophane.

Manganèse

Il entre dans la constitution de certaines enzymes (réductases, hydrogénases) et en active d'autres (AIA oxydase). On observe des ponctuations brunes souvent entourées d'un halo vert, dues à un champignon spécifique, *Deightoniella torrulosa.* Le manganèse est en interaction avec le phosphore, le calcium et le magnésium.

De très fortes teneurs en manganèse libre dans le sol peuvent entraîner une toxicité dans les tissus du bananier.

Fer

Il a un rôle dans les oxydoréductions, les cytochromes de la chaîne respiratoire et la synthèse des structures protéiques des chloroplastes. Sa carence est rare et se traduit par une chlorose (feuilles blanchâtres) et se rencontre essentiellement dans les sols calcaires (pH supérieur à 7,5).

Chlore

Il est considéré pour sa toxicité soit en sols salins soit à cause de l'utilisation intensive d'engrais chlorés, d'eaux d'irrigation salées, d'embruns marins. On observe une chlorose des bords de limbe (avec dessèchement), puis une réduction de la croissance et une perturbation du développement du régime

(fig. 3).

Figure 3. Excès de chlore (Cirad).

Aluminium

Il est préjudiciable à la croissance des racines lorsqu'il est en excès en sol acide (sols ferrallitiques, pH inférieur à 5,2).

Principales carences minérales du bananier

Symptômes de carence généralisés : carence en azote

Le manque d'azote se traduit d'abord par une coloration rouge des marges pétiolaires, puis par un jaunissement général du bananier.

• Chlorose généralisée avec accentuation sur les vieilles feuilles (fig. 4).

• Coloration jaune-vert rosé des pétioles et des gaines.

• Croissance fortement ralentie, engorgement et modification de l'hélice foliaire. Tronc fluet, pétioles minces et comprimés, feuilles petites ayant une durée de vie courte.

Premiers symptômes de déficience

- Marges pétiolaires très marquées en rouge (fig. 5).
- Rapidité de réaction du bananier au manque et à l'apport d'azote.

Incidence

Baisse importante de rendement, retard du cycle et du démarrage des rejets.

Symptômes sur jeunes feuilles

Carence en soufre

• Sur jeunes plants, retard de coloration des limbes à la sortie (fig. 6) s'accompagnant seulement d'un ralentissement de croissance (chlorose réversible).

• Sur pieds plus âgés, trouble de la différenciation avec déformations morphologiques importantes : épaississement des nervures secondaires, gaufrage des feuilles et marge ondulée, réduction des limbes.

• Avortement de l'apex dans les cas extrêmes.

Premiers symptômes de déficience

• Coloration retardée des limbes au moment de leur déroulement.

• Rapidité de réaction au manque et à l'apport de soufre.

Incidence

Production fortement réduite si elle n'est pas corrigée à temps.

Carence en calcium

• Les premiers symptômes de carence sont des plages blanches en boutonnière (fig. 7) sur les plantes jeunes.

• Les chloroses en dents de scie sans caractère de continuité apparaissent sur les plantes adultes, souvent après la différenciation florale. Visibles sur le cigare, elles passent du jaune pâle au brun pourpre avec le vieillissement de la feuille.

• Aspect tourmenté du cigare, excoriations superficielles des nervures.

Premiers symptômes de déficience

• Chlorose en dents de scie sur le cigare.

• Rapidité moyenne de réaction du bananier au manque et à l'apport de calcium.

Incidence

Forte sur la qualité des fruits : fragilité, réduction de la durée de vie verte.

Carence en zinc

• S'il ya déficience, des décolorations internervaires apparaissent et le pétiole est plus ou moins rouge ; le cigare a une coloration lie-de-vin en bordure du limbe (fig. 8).

• Bandes chlorotiques (presque blanches) dans le sens des nervures secondaires alternant avec des bandes vertes.

• Carence accentuée : décoloration complète du limbe avec réduction en taille (rapport L/l très élevé).

Premiers symptômes de déficience

Pigmentation anthocyanique lie-de-vin à la face inférieure du cigare.

Incidence

Forte sur le rendement si la carence est accentuée. Les faibles déficiences n'ont pas d'action importante (mise en alerte).

Figure 4. Carence accentuée et généralisée en azote (Cirad).

Figure 5. Premiers symptômes de déficience en azote. Marges pétiolaires rouges (Cirad).

Figure 6. Carence en soufre. Décoloration sur la plus jeune feuille se déroulant
(Cirad).

Figure 7. Carence en calcium sur plant jeune. Boutonnière (Cirad).

Figure 8. Déficience en zinc. Couleur lie-de-vin en bordure du limbe du cigare et bandes zébrées sur la feuille étalée (Cirad).

Carence en bore

• Les symptômes de carence vont des réductions foliaires jusqu'à l'avortement de l'apex. Dans le cas de déficience légère, on observe des lignes pointillées perpendiculaires aux nervures secondaires (fig. 9). Difficulté de démarrage des rejets.

• Déformations morphologiques très importantes sur les jeunes feuilles (limbes réduits à la nervure, nombreux rejets, avortement possible de l'apex).

Premiers symptômes de déficience

Stries perpendiculaires aux nervures secondaires (alignement de points décolorés).

Incidence

Carence accentuée : mort du bananier.

Carence en manganèse

• Chlorose en peigne commençant sur les feuilles II à IV et gagnant les autres.

• À cette carence est lié le développement de *Deigthoniella torulosa,* qui provoque des nécroses marginales.

Premiers symptômes de déficience

Ponctuations vert graisseux dues au champignon.

Incidence

Carence forte : sensibilité des fruits aux attaques de champignons, qualité des fruits dégradée.

Symptômes sur vieilles feuilles

Carence en magnésium

• En cas de carence, il ya jaunissement marginal des feuilles les plus basses puis nécrose, mais maintien d'un fin liseré vert sur le bord du limbe (fig. 10).

• Jaunissement demeurant parallèle aux marges foliaires. La bordure du limbe reste parfaitement verte.

• Marbrures violettes sur la base des pétioles.

Premiers symptômes de déficience

• Chlorose marginale et liseré vert.

• La réaction à un apport de magnésium est rapide, seule une chlorose légère est réversible.

Incidence

Action d'abord sur la qualité des fruits, puis sur le rendement.

Carence en phosphore

• Son absence ou sa raréfaction entraîne le nanisme et le vieillissement prématuré (fig. 11). La carence forte est rare.

• Feuillage vert foncé à tendance bleutée ou bronzée.

• Nécroses marginales sans chlorose préalable marquée.

• Blocage de la croissance des rejets au stade écailles ou feuilles lancéolées.

Premiers symptômes de déficience

• Peu nets, retard d'apparition des œilletons.

• Réaction rapide à l'apport de phosphore.

Incidence

Allongement du cycle de production et diminution de rendement.

Carence en potassium

• Les premiers symptômes de déficience — jaunissement rapide — s'observent sur les plus vieilles feuilles (fig. 12) et, surtout, dans les 15 jours qui précèdent le stade fleur pointante. L'incidence sur le remplissage des fruits et la qualité de la pulpe n'est pas négligeable.

Figure 9. Carence en bore (Cirad).

Figure 10. Carence en magnésium sur plant adulte (Cirad).

Figure 11. Carence en phosphore : blocage de la croissance et du développement du rejet avant le stade feuilles lancéolées (Cirad).

Figure 12. Carence en potassium (Cirad).

• Jaunissement très rapide des feuilles sur toute leur surface. Le limbe se déchire vers les trois quarts de sa longueur et l'extrémité se dessèche en premier.

Premiers symptômes de déficience

• Surtout en préfloraison, feuilles jaunissant rapidement et se cassant à l'attache au faux tronc.

• Déficience faible : réaction rapide à un apport aux premiers symptômes sur une parcelle.

Incidence

Catastrophique si elle a lieu lors de la différenciation florale ou de la montée de l'inflorescence.

Interactions dans la nutrition minérale

L'absorption d'un élément par les racines, sa redistribution dans la plante et son efficacité physiologique ne sont jamais totalement indépendantes des autres éléments minéraux.

Alors que les mécanismes d'alimentation en N, P et S sont relativement indépendants, ceux des cations Ca, Mg et K manifestent un haut degré d'interchangeabilité. Il s'agit donc de déséquilibres cationiques plutôt que de carences pures.

En ce qui concerne ces cations, la régulation ne se fait pas dans tous les organes.

Dans les racines, le taux de chaque cation n'est pas en relation directe avec le taux du même cation dans le sol. En revanche, la relation avec le sol est très fidèle si l'on compare les proportions entre les trois cations (un cation ne serait absorbé que si un autre ne l'est pas).

Les limbes, la souche et les fruits ont une régulation métabolique active. Les gaines foliaires et la hampe sont des organes de transit et d'accumulation passive.

Il existe un antagonisme très puissant de K sur Mg et un antagonisme réciproque entre K et Ca. Le bleu (fig. 13), par exemple, correspond à un déséquilibre entre K et Mg dans le limbe foliaire (K/Mg > 0,8).

Il existe d'autres interactions plus ou moins bien définies, en particulier :

– le dégrain, qui se traduit par la fragilité des pédicelles en sortie de mûrisserie, est attribué à un faible rapport K / N ;

– la pulpe jaune, évolution prématurée de la maturité des doigts, est liée aux cercosporioses ;

– les flammèches (fig. 14) signaleraient seulement que la plante « souffre » ;

– les traces noirâtres (fig. 15) seraient liées à des toxicités légères et passagères.

Figure 13. Bleu magnésien (Cirad).

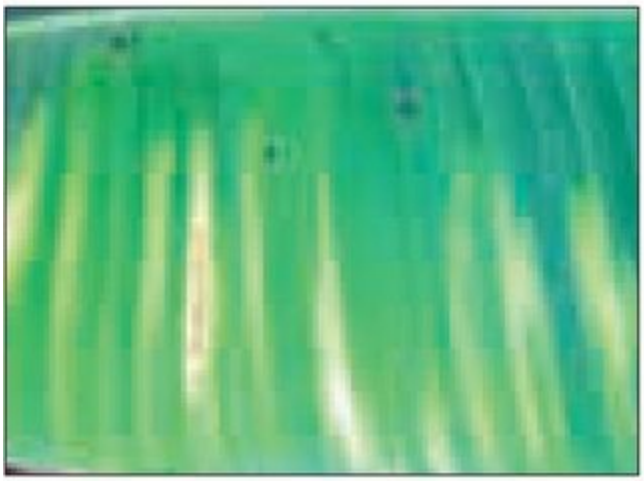


Figure 14. Flammèches (Cirad).

Figure 15. Toxicité (Cirad).

Immobilisations au cours des cycles, exportations par la récolte

Les immobilisations en azote et en potasse au cours d'un cycle sont mentionnées dans le tableau 1. Le tableau 2 donne les immobilisations minérales pour une touffe au stade récolte du deuxième cycle (régime de 40 kg brut).

Les valeurs indicatives de biomasse sont données dans les tableaux 3 et 4.

Le tableau 5 indique les quantités d'éléments minéraux majeurs exportés par tonne de régime (bananes + hampes). Une évaluation des exportations est faite pour une production de 50 tonnes brutes par hectare.

Tableau 1. Estimation des immobilisations minérales en azote (N) et potassium (K), en pourcentages cumulés au cours du cycle.

Stade de croissance	Âge (mois)	N (%)	K (%)
Végétation	2	10	< 5
Végétation	4	35	25
Induction florale	6	70	45
Floraison	8	90	85
Récolte	11	100	100

Tableau 2. Estimation des immobilisations minérales à la récolte du deuxième cycle.

Plante	Matière sèche (g)	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S	Fe*	Cu*	Mn*	B*	Zn*
Pied mère	8 300	85	21	472	123	42	8					
Régime	7 600	66	19	268	10	18	9					
Rejet	1 400	19	5	82	8	6	2					
Total	17 300	170	45	822	141	66	19	2 à 8	< 0,2	2 à 10	< 0,5	< 0,5

* estimation faite sur pied mère + régime (g), régime de 40 kg bruts

Tableau 3. Quelques indications sur la biomasse des bananiers (2Y = biomasse du 2e cycle au moment de la récolte du pied mère du 1er cycle).

Cycle	Phase	Poids frais (g / plant)	Poids sec (g / plant)	Poids sec / poids frais (%)
Premier cycle	Phase végétative	50 600	3 380	6,7
	À la récolte	85 800 + 12 700x 2Y	8 090 + 800x 2Y	9,0
Deuxième cycle	Phase végétative	54 300	3 704	6,8
	À la récolte	105 540 + 44 600x 2Y	10 700 + 4 280x 2Y	10,0

Tableau 4. Répartition de la biomasse selon les organes.

Phase	Organe	% poids frais / total de la plante	% poids frais / total de la plante	Poids sec / poids frais (%)
Phase végétative tous cycles	Limbes	12	30	16,5
	Nervures + pétioles	12	18	9,8
	Faux tronc	57	30	3,4
	Souche	15	18	7,9
	Racines	4	4	6,1
À la récolte, tous cycles	Végétation + hampe interne	69	54	
	Total des régimes	31	46	

Tableau 5. Exportations minérales (kg) par les régimes (fruits + hampes).

	Exportation (kg)					
	Matière sèche	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**
Pour 1 tonne	190	1,90	0,47	6,60	0,30	0,43
Pour 50 tonnes brutes/ha	9 500	100	20	330	15	20

Besoins en eau du bananier

L’eau a au moins quatre rôles dans la plante. C’est le véhicule des éléments minéraux et métabolites, ainsi que le constituant le plus abondant de la matière végétale (imbibition). Par sa circulation et sa conductivité, elle assure les échanges caloriques. Sa chaleur de volatilisation permet la régulation thermique de la plante (transpiration). Enfin, par la pression de turgescence, elle assure le maintien dans l’espace des organes peu lignifiés.

Rappelons que les racines de bananier sont très vulnérables à l’excès d’eau, bien plus qu’au manque d’eau. Le statut hydrique autour de ces racines nécessite une surveillance vigilante.

Particularités du bananier

C’est une herbe riche en eau. Considéré dans sa totalité, le bananier est constitué à plus de 90 % d’eau. Ce taux avoisine 97 % dans les gaines foliaires constituant le pseudotronc. Il possède des mécanismes permettant de freiner son déficit hydrique : repliement des demi-limbes autour de la nervure principale, puis arcure de celle-ci.

Mais les premiers symptômes de déficit sont identiques aux premiers symptômes d’excès : engorgement du bouquet foliaire, raccourcissement des « faux entre-nœuds » (fig. 1). C’est une plante anisohydrique qui peut supporter des déficits de saturation élevés. Les flétrissements spectaculaires sont des moyens de défense de dernière limite.

Conséquences des excès d’eau

Beaucoup de perturbations de production (fig. 2) seraient évitées si toute l’attention était d’abord portée sur le maintien d’un niveau optimal d’oxygénation dans la zone de prospection du système racinaire dans le sol (fig. 3 et 4).

En condition de submersion sans mouvement d’eau, le bananier jaunit en 2 ou 3 jours et se décompose en moins de 3 semaines.

Figure 1. Sur plant après initiation florale, engorgements temporaires séparés par 3 feuilles émises normalement. Excès ou déficit hydrique ? (Cirad).

Figure 2. Régime avec des fruits très courbés, engorgement du bouquet foliaire (Cirad).

Figure 3. Maîtriser l'environnement hydrique des racines : par le drainage (Cirad).

Figure 4. Maîtriser l'environnement hydrique des racines : par l'irrigation (Cirad).

Conséquences d'un déficit hydrique

En condition de déficit hydrique, les bananiers en végétation présentent une forte réduction du rythme d'émission foliaire (et engorgement). En phase reproductive, la montée de l'inflorescence et sa sortie au centre du bouquet foliaire sont très difficiles (fig. 5 et 6). Les doigts sont courts et très courbés, le remplissage des fruits est lent, atteignant la phase de maturation avant le stade trois quarts plein. En conditions extrêmes, il ya arrêt complet de la croissance et du développement et pliure du faux tronc.

Figure 5. Difficultés d’émission de l’inflorescence (Cirad).
Figure 6. Sortie de l’inflorescence par « césarienne » (Cirad).

Circulation de l’eau dans la plante

Pour assurer l’absorption des éléments minéraux par les racines puis leur transfert au niveau des feuilles, afin de constituer la biomasse (protéosynthèse à partir de la photosynthèse et des éléments minéraux), un flux d’eau est indispensable. Pour cela, il faut :

– une différence entre le potentiel de succion de la racine et celui du sol

(absorption au niveau de la racine) ;
– une différence de pression osmotique permanente entre racines et feuilles. Celle-ci est créée par la transpiration.

Mécanisme de la transpiration

La transpiration s'effectue par des stomates de type tétracyclique (fig. 7). Sur l'ensemble de ses deux faces, une feuille possède de 150 à 300 millions de stomates, dont au moins un tiers sur la face supérieure (200 à 300 par mm^2).

La transpiration varie de 0,2 à 3 g/dm^2 par heure en fonction de l'intensité lumineuse. À 30 000 lux (seuil où la couche nuageuse se dissipe), la transpiration est d'environ 1 g/dm^2 par heure alors qu'à 50 000 lux elle atteint 3 g/dm^2 par heure.

Aux heures très chaudes de la journée, le bananier ne ferme qu'imparfaitement ses stomates. Pour assurer la régulation de sa transpiration en cas de déficit hydrique, le limbe se replie au niveau de la bande pulvinaire de la nervure centrale (fig. 8). Ce mouvement se réalise en 15 à 20 minutes environ, dans un sens ou dans l'autre. Le retour à la position étalée devient de moins en moins complet pour les feuilles les plus âgées.

À souligner qu'une déficience en potassium aurait pour effet de ralentir les mouvements des stomates, d'où leur blocage en position souvent inadaptée aux conditions ambiantes.

Quantités transpirées

Au stade voisin de la sortie de l'inflorescence, le bananier contient de 100 à 150 litres d'« eau végétale », alors que les pertes par la transpiration peuvent varier de 30 à 70 m^3 par hectare et par jour (3 à 7 mm/j).

À partir de ces données et pour une densité de peuplement de 2 000 plants par hectare, on aurait une transpiration, en saison sèche, d'environ 60 m^3 par hectare et par jour, soit 180 mm par mois.

Évapotranspiration et stade de la plante

Dans un programme de maîtrise de l'alimentation en eau, il faut tenir compte à la fois de la transpiration du bananier et de l'évaporation à partir du sol.

L'évapotranspiration maximale (ETM) en fonction du stade du bananier est indiquée sur la figure 9 (en premier cycle, sans rejet successeur) en comparaison avec l'évapotranspiration potentielle (ETP), l'évaporation d'un bac standard (E bac) et d'un sol nu. L'ETM correspond à la consommation maximale d'eau lorsque l'énergie est le seul facteur limitant.

En dehors des trois mois suivant la plantation, on peut considérer que l'évapotranspiration du couvert végétal est stable (même au moment de la récolte, si le développement des rejets est optimisé). Les valeurs maximales suivantes sont à retenir : ETM / ETP gazon = 1,6 ; ETM / E bac = 1,4.
C'est-à-dire que pour une ETP gazon de 5 mm, il faut fournir 8 mm d'eau (soit 240 mm/mois).

Recommandations

Dans beaucoup de situations, le suivi par tensiomètre apporte une indication suffisante pour une bonne gestion de l'alimentation hydrique.
Il faut se rappeler l'importance d'un bon équilibre air/eau autour des racines. Une destruction des racines par un excès d'eau, qui entraîne une asphyxie par défaut de drainage ou par excès d'irrigation, aura finalement des effets analogues et souvent plus brutaux que ceux d'une sécheresse.

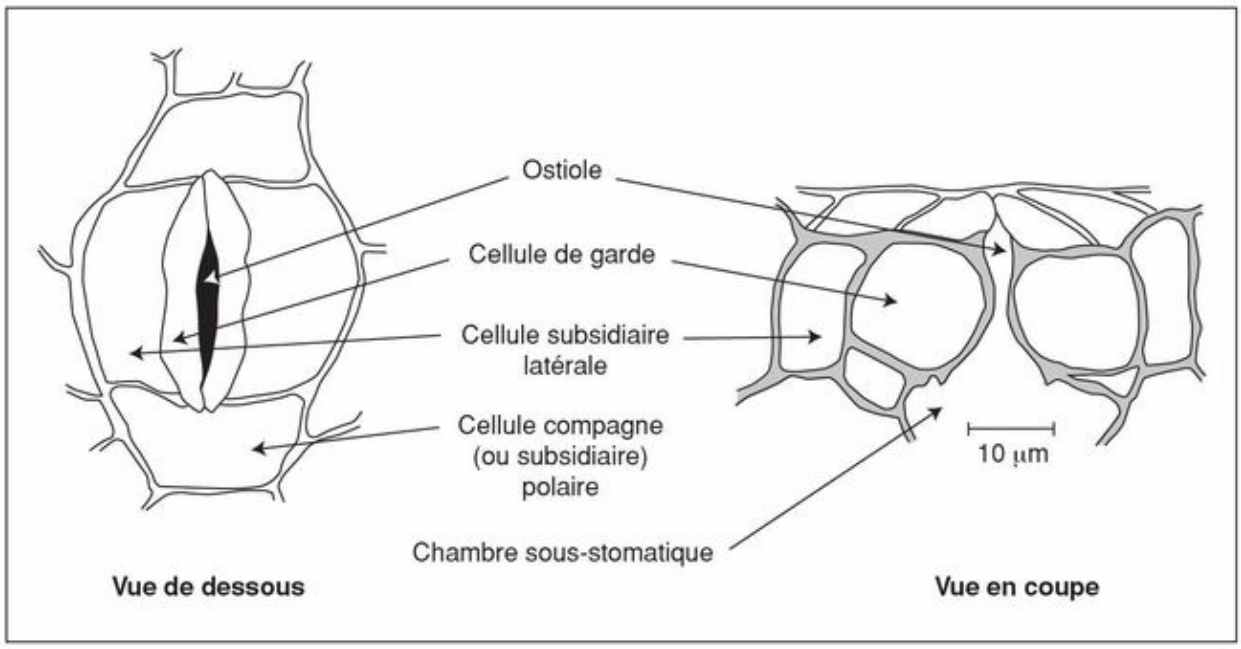


Figure 7. Schéma d'un stomate (d'après B. Aubert, 1968).

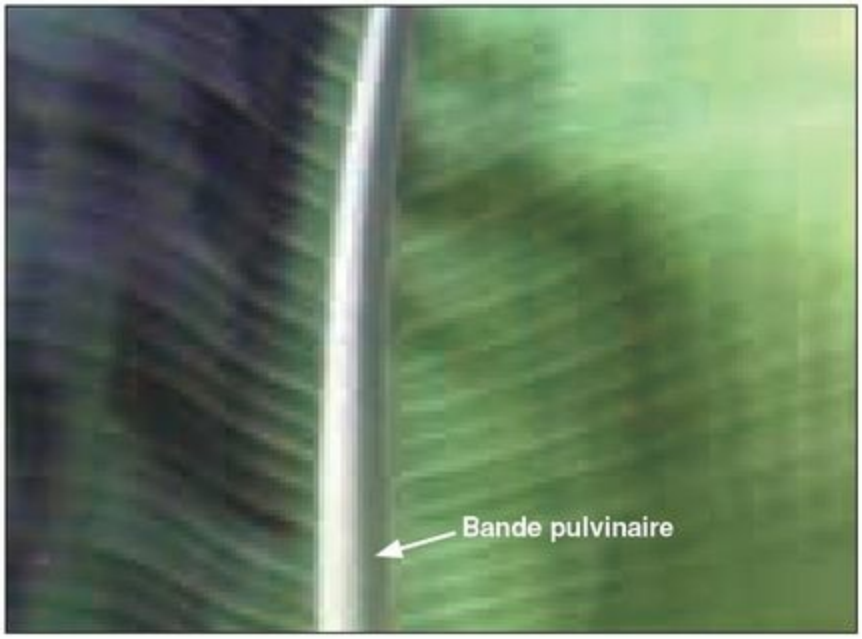


Figure 8. Localisation des bandes pulvinaires sur la feuille (Cirad).

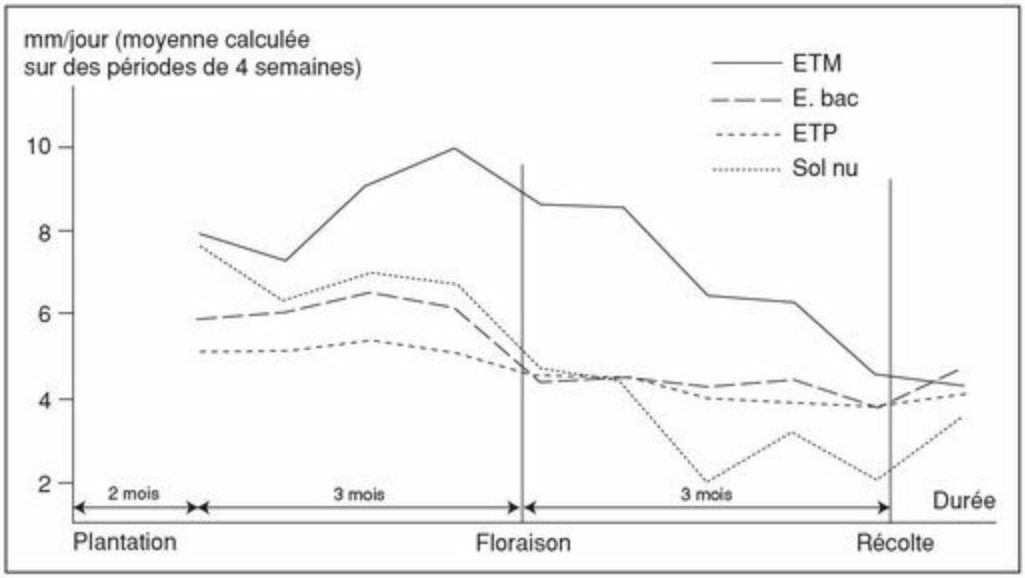


Figure 9. Estimation des évapotranspirations (d'après J.P. Meyer, 1976).

Interactions de la plante et du milieu

La diversité génétique peut être mise en parallèle avec une adaptation à des situations écologiques assez différentes : performances agronomiques des AAA, rusticité et adaptabilité des ABB par exemple. En outre, l'intervention humaine est un facteur très influent, en particulier dans les systèmes de culture industrielle — conduite à un seul successeur, sélection variétale, etc.
Ces interactions sont détaillées principalement pour les cultivars de bananes dessert de type Cavendish.
Pour que l'expression phénotypique du génotype soit maximale, les bananiers triploïdes AAA du sous-groupe Cavendish doivent bénéficier des conditions climatiques et édaphiques optimales.

Facteurs climatiques

La température et le rayonnement sont les facteurs essentiels qui jouent sur la croissance de la plante en intervenant dans le métabolisme via la photosynthèse et la transpiration.

Température

Seuil thermique et température optimale

La température optimale à l'intérieur du pseudotronc et vers sa base serait voisine de 28 °C. L'émission foliaire est stoppée à 14 °C (température prise sous abri météorologique) bien que les limbes restent verts. Cette valeur de 14 °C serait voisine du zéro physiologique, c'est-à-dire le seuil thermique. C'est la base retenue lorsque l'on calcule des sommes thermiques avec les variétés Poyo et Grande Naine.
La forte dépendance du bananier à la température se traduit de façon particulièrement nette au cours de deux périodes : l'intervalle floraison–récolte et la durée du cycle.
• Intervalle de la floraison à la récolte. La température influe directement sur la croissance des fruits et leur évolution vers la maturation. La récolte est définie en fonction d'une somme de températures (tab. 1) pour une durée de vie verte déterminée.
• La durée des cycles. Plus généralement, il ya une forte liaison entre vitesse de croissance végétative et température. Ainsi la longueur des cycles est-elle modulée selon l'altitude. L'incidence sur la productivité n'est pas négligeable (tab. 1).

Tableau 1. Effet de la température sur l'intervalle de la floraison à la coupe (IFC) et sur la longueur des cycles du bananier, à la Martinique.

Lieu	Température moyenne (°C jour)	Température au-dessus du seuil (14 °C)	Somme de température (°C)(1)	IFC(2) (jours)	Cycle 1 3 400 (°C jour)(3)	Cycle 2 2 800 (°C jour)(4)	Nombre de cycles par an
Vauclin	27,9	13,9	911	64	244	200	1,82
Carbet	27,4	13,4	903	68	25	209	1,75
Basse-Pointe	27,2	13,2	902	68	258	212	1,72
Saint-Joseph	26,9	12,9	906	70	264	217	1,68
Ajoupa-Bouillon	24,2	10,2	908	89	333	274	1,33

(1) Somme de températures correspondant à une durée de vie verte d'au moins 25 jours.
(2) Stade floraison : dernière main femelle, doigts horizontaux
(3) 3 400 degrés-jour de la plantation à la récolte du premier cycle, soit 1 100 de la plantation à l'initiation florale, 1 150 de l'initiation florale à la fleur pointante, 1 150 de la fleur pointante à la récolte.
(4) 2 800 degrés-jour entre 2 récoltes successives (cycle 2 et suivants), soit 500 entre la récolte du pied mère et l'initiation florale, le reste identique (cas d'un œilletonnage précoce).

Effet des températures extrêmes

La température interne de la plante est régulée par la transpiration. C'est pourquoi le bananier peut supporter des températures ambiantes de 40 °C et plus. Des brûlures de feuilles apparaissent seulement s'il ya déficit hydrique accentué.

Les effets « gelée » sur la végétation (jaunissement et brunissures) n'apparaissent qu'au-dessous de 6 °C. Les souches ne sont atteintes définitivement qu'avec le gel. Une saison fraîche (15 à 18 °C de moyenne journalière) entraîne un arrêt de croissance, donc une saisonnalité de la production. En dessous de 12 °C, le contenu des cellules dites « laticifères » de la peau des fruits devient granuleux et noirâtre (frisure de la banane). Ce phénomène intervient aussi bien au champ que lors du transport ou de la conservation après mûrissage.

Les bananes ne devraient jamais être conservées à une température inférieure à 12 °C.

Rayonnement

Le rayonnement intervient indirectement par la température. Les fortes insolations n'ont pas d'action néfaste sur les plants adultes. Des brûlures sont observées sur jeunes feuilles et sur fruits (coups de soleil). Le manque de lumière agit sur la hauteur des plants, les rejets « filent ». La densité de plantation doit être adaptée de façon à limiter la compétition pour la lumière

et les risques de verse.

Vent

Le vent intervient directement par l'incidence de sa vitesse sur les feuilles (lacérations), jusqu'à la destruction de la culture (cyclones). La lacération des feuilles entraîne une moindre surface photosynthétique et une moindre résistance au déficit hydrique.

Les besoins en eau sont augmentés de 25 à 30 % dans le cas d'alizé moyen. L'utilisation de brise-vent est souvent nécessaire.

Les effets indirects sont dus à la faible teneur en eau (vents secs en zone continentale) ou aux apports salins (embruns de bord de mer).

Pluviométrie

La pluviométrie intervient dans la définition des aménagements à réaliser (réseau d'irrigation, gestion des excès d'eau). Rappelons seulement que les racines de bananier sont très sensibles à l'excès d'eau et que la plante a besoin d'environ 180 mm d'eau par mois.

Facteurs édaphiques

Les sols dans lesquels sont implantées les bananeraies sont extrêmement variés dans le monde. Très souvent, les interventions ont été telles que le sol d'origine a été profondément modifié. Les Canaries en sont l'exemple le plus typique.

On ne peut dissocier le facteur sol du facteur climat (pluviométrie et aussi température) ni dissocier ces deux facteurs du facteur plante — spécificité des racines d'une espèce tant pour l'eau que pour leur faculté de pénétration et pour l'absorption minérale. Cependant, en ce qui concerne le sol, ce sont les propriétés physiques qui sont essentielles, l'aspect chimique pouvant être plus facilement modifié.

Système racinaire

Le système racinaire doit explorer au maximum le sol, ce qui fait intervenir plusieurs aspects : les possibilités d'extension des racines, latéralement et en profondeur ; la qualité du contact racines-particules terreuses ; les conditions de fonctionnement des racines ; l'état sanitaire.

À titre d'exemple, la figure 1 montre l'incidence de la densité apparente sur la répartition des racines dans le sol.

Obstacles mécaniques et aération du sol

Ils sont la résultante des caractéristiques structurales et texturales. La texture représente la distribution granulométrique et la structure définit la disposition de ces constituants et correspond à la porosité. Structure et texture sont

influencées par la matière organique et déterminent la capacité au champ, ainsi que le point de flétrissement. Le travail du sol adapté — en liaison avec une bonne maîtrise de la circulation de l'eau — peut avoir un effet très favorable (fig. 2).

Mouvements de l'eau

Ce sont : l'infiltration (avec la limite supérieure, le ruissellement), la redistribution jusqu'au ressuyage (qui correspond au drainage de l'eau excédentaire), la percolation lorsque la réserve est constituée (perte en eau) et l'évaporation (ou évapotranspiration si l'on tient compte de la plante) jusqu'à un seuil minimal où l'humidité de surface est en équilibre hygroscopique avec l'atmosphère.

Quatre valeurs clefs de la teneur en eau du sol peuvent ainsi être définies.

• La capacité au champ (pF 2,5) : humidité maximale après ressuyage (au-dessus, excès).

• Le point de flétrissement (pF 4,5) : humidité minimale, limite inférieure de la réserve du sol.

• L'eau utile (pF = 2,5 à 4,2) : réserve en eau du sol (RU).

• L'eau facilement utilisable par les racines de bananier (pF = 2,5 à 3) : le bananier n'utilise que le tiers supérieur de la réserve utile (RFU).

Les meilleurs sols pour satisfaire les besoins en eau seraient ceux qui ont la plus grande teneur utile ; encore faut-il que l'aération soit satisfaisante (importance du travail du sol).

Conséquences de l'acidification du sol

Un pH au-dessous de 5,25 entraîne une diminution de la macroporosité et de la perméabilité. La structure se dégrade (mauvaise aération du sol). D'autre part, l'acidification provoque la désaturation du complexe absorbant et, par conséquent, la lixiviation des cations. L'assimilation du phosphore et du manganèse est diminuée, alors que la solubilité d'ions toxiques s'accroît (aluminium en sol ferrallitique ou kaolinitique, par exemple).

Effet de la matière organique

Elle influence toutes les propriétés du milieu (physiques, chimiques et biologiques). On lui attribue un effet direct sur la croissance. L'effet est très favorable sur la stabilité structurale, la porosité et la perméabilité. La capacité d'échange des cations est due en grande partie au complexe argilo-humique. Avec l'apport de matière organique, l'azote minéralisable s'accroît.

Dynamique de l'azote

Il serait important de mieux maîtriser la dynamique de l'azote pour en

optimiser la fourniture à la plante, sans pratiquer des apports « de luxe ». Il faut bien connaître l'évolution des résidus culturaux de façon à mettre à disposition en continu l'azote nécessaire pour une croissance optimale en temps et quantité tout en limitant les transferts néfastes vers l'environnement.

Fertilité chimique du sol

Elle fait intervenir deux notions : le maintien ou l'amélioration de la fertilité du sol et l'alimentation minérale optimale de la plante qui est liée aux particularités d'absorption des racines de la culture. Deux notions en découlent : les amendements et l'apport d'engrais pour le sol lui-même (redressement, mise à niveau), la fertilisation et les amendements pour l'entretien (compenser les prélèvements par les récoltes et les pertes par ruissellement et lixiviation).

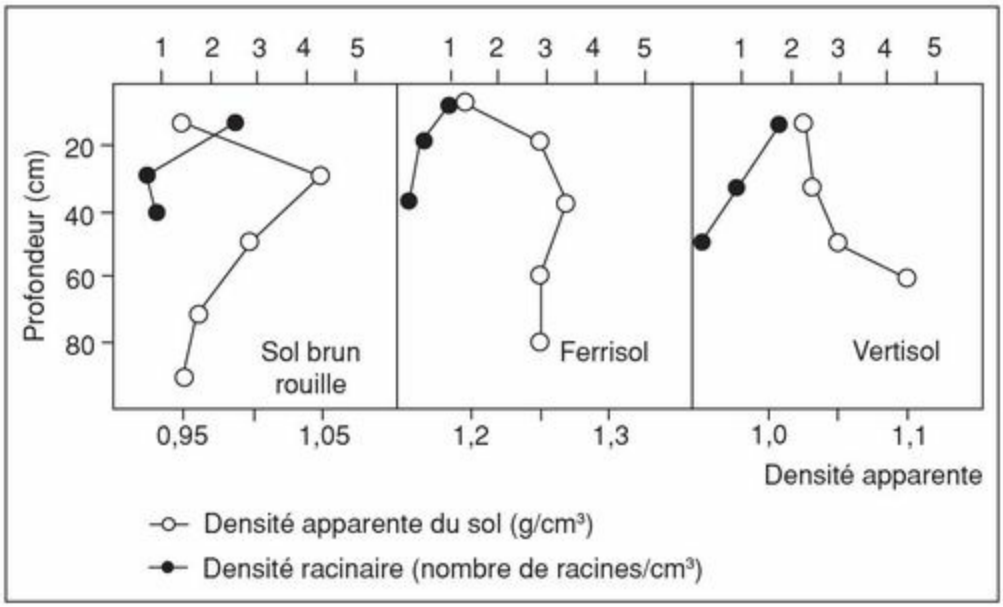


Figure 1. Effet de la densité apparente du sol sur la densité radiculaire, pour 3 types de sol (sol brun rouille, ferrisol, vertisol) Cirad.

Figure 2 Incidence d'un mauvais aménagement du sol : drain mal entretenu, présence de mouillère (Cirad).

Partie II
Systèmes de culture

Production, exportation et importation

En termes de production mondiale, la banane est le quatrième produit agricole après le riz, le blé et le maïs. Sur le marché mondial, elle se situe en cinquième position. Mais elle occupe le premier rang de la production fruitière, avec un peu plus de 100 millions de tonnes en 2003.

D'une façon générale, on a tendance à ne prendre en compte que la banane dessert (essentiellement du sous-groupe Cavendish) lorsqu'on parle de production et de commerce bananier. En réalité, les bananes dites « dessert » ne représentent que 56 % de la production mondiale, mais plus de 97 % des exportations (plus de 14 millions de tonnes).

Production mondiale

Dans les statistiques, on distingue :

– les bananes à cuire comprenant les plantains (groupe AAB) (fig. 1) séparés des autres types de bananes à cuire, à savoir les vraies bananes à cuire (groupe ABB) comme les variétés Bluggoe, Pisang awak, les bananes d'altitude (groupe AAA, à bière) et les cultivars du groupe AAB autres que plantains ;

– les bananes dessert dominées par les variétés du sous-groupe Cavendish (fig. 2) séparées des autres bananes dessert comme les Figues pommes et Prata (groupe AAB), quelques variétés du groupe AA (Figue sucrée) et du groupe AAA (Gros Michel...).

Bananes à cuire

Elles correspondent à 44 % de la production totale de bananes dans le monde (tab. 1). Les plantains (groupe AAB) représentent 40 % des bananes à cuire. Environ 120 pays produisent de la banane. La plus grande partie est cultivée dans les zones tropicales humides par des millions de paysans, sur de petites surfaces, pour leur consommation et pour les marchés locaux ou nationaux. Elle constitue la base de la sécurité alimentaire de nombreuses populations. Par exemple, au Rwanda, la consommation individuelle est de l'ordre de 200 kilos par an ; en Ouganda elle est voisine de 240 kilos. Au Cameroun et au Gabon, les bananes fournissent 15 à 25 % de l'apport calorique journalier.

Figure 1. Régime de bananes plantain (type corne) (Cirad).
Figure 2. Régime de bananes dessert (Grande Naine) (Cirad).

Bananes dessert

Les 56 % de la production de bananes dessert sont en majorité des Cavendish (tab. 1). L'Inde est le plus grand producteur, suivie de l'Équateur, de la Chine, de la Colombie et du Costa Rica. De 1985 à 2000, la production est

passée de 42,5 à 63,4 millions de tonnes, les surfaces ont augmenté corrélativement de 1 million d'hectares (4 millions en 2000) ; surtout de 1989 à 1994, puis de 1997 à 2000. Les rendements annuels ont peu évolué de 13,7 à 15,8 tonnes par hectare au cours de la même période.
Ces chiffres démontrent que les systèmes culturaux et les pratiques culturales sont certainement très diversifiés dans le monde et les objectifs très contrastés : consommation de la famille (fig. 3), patrimoine, surplus vendu sur les marchés locaux ou nationaux, exportation (fig. 4) vers des régions proches ou vers les pays industrialisés du Nord (Union européenne, États-Unis et Japon).

Exportations mondiales

Bananes à cuire

Elles ne font pas l'objet d'un commerce international important (environ 2 % de la production). Ce commerce concerne essentiellement les plantains (tab. 2).

Tableau 1. Production selon les groupes génétiques.

Pays - région	Estimation de la production pour l'année 2000 (1 000 tonnes)				Total (1 000 tonnes)
	Bananes à cuire		Bananes dessert		
	Plantains	Autres	Cavendish	Autres	
Amérique du Sud	4 876	270	10 354	4 969	20 467
dont Guyane	2,1	0,5	3	0,5	6,4
Amérique centrale	804	90	5 953	154	7 001
dont États-Unis	-	12	0,04	0,01	12
Caraïbe	831	416	1 380	91	2 718
dont Guadeloupe	8,5	0,7	103	1,5	114
dont Martinique	13	3	286	2	304
Afrique de l'Ouest et centrale	8 478	1 108	1 975	575	12 136
Afrique de l'Est	705	12 955	1 971	756	16 387
Afrique du Nord et Moyen-Orient	0,02	3	1 219	1	1 223
Asie	1 125	9 246	18 369	5 027	33 767
Océanie	0,9	675	291	82	1 048
Europe	0,001	0,005	486	0,005	486
Total mondial 2000	**16 817**	**24 762**	**41 999**	**116 550**	**95 234**
Total mondial 2003	**17 576**	**26 427**	**44 804**	**11 970**	**100 776**

Figure 3. Culture pour l'autoconsommation (Cirad).

Figure 4. Culture pour l'exportation (Cirad).

Banane d'exportation

Il s'agit quasi exclusivement de la banane dessert du sous-groupe Cavendish ; plus de 30 % de sa production est exportée. Sa commercialisation est une source vitale de revenus pour une quinzaine de pays (tab. 2). Cependant, les deux plus gros producteurs de bananes que sont l'Inde et le Brésil écoulent la quasi-totalité de leur récolte sur les marchés intérieurs.

Les exportations américaines sont très largement dominantes, les Philippines s'intercalant au 4e rang. Trois pays (Équateur, Costa Rica et Colombie) fournissent environ 65 % du marché international. Cela illustre le poids de la filière de la banane dans les pays latino-américains (tab. 2), tant dans leur économie que dans la vie sociale et politique (pays dits « Républiques bananières »).

Les pays ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) ne pèsent que 15 % dans le commerce mondial, comme l'Europe ultrapériphérique. Il faut souligner que les exportations des pays ACP de la Caraïbe décroissent, alors que celles de

l'Afrique doublent, notamment en provenance du Cameroun et de Côte d'Ivoire. Depuis 1990, la Côte d'Ivoire a multiplié par deux ses exportations et celles du Cameroun ont plus que triplé (80 000 à 260 000 tonnes).
Les exportations totales représentent plus de 14 millions de tonnes. Elles ont doublé en deux décennies et sont évaluées à plus de 1,8 milliard d'euros en 2003. La banane est le fruit le plus exporté, aussi bien en quantité qu'en valeur.
Cinq compagnies multinationales contrôlent les trois quarts des exportations et du marché mondial : Chiquita Brands International (22 % du marché mondial), Dole Food Company (21 %), Del Monte Fresh Produce (16 %), Noboa (7 %) et Fyffes (7 %). Ce sont des structures très intégrées (plantations, flotte de transport, marché).

Tableau 2. Estimation des exportations et des importations pour l'année 2000 dans le monde.

Région	Exportations (1 000 tonnes)		Importations (1 000 tonnes)	
	Cavendish	Plantains	Cavendish	Plantains
Amérique du Sud	5 695	251	336	0,15
Amérique centrale	3 887	54	4 342	247
Caraïbe	610	8,4	5,2	3,9
Afrique de l'Ouest et centrale	452	0,7	12	0,55
Afrique de l'Est	20	0,08	5,3	0
Afrique du Nord et Moyen-Orient	27	0,002	564	0
Asie	1 618	10	1 751	0
Océanie	1,3	0	0,01	0
Europe	423	0	4 909	0
Total mondial 2000	**12 735**	**314**	**11 925**	**252**
Total mondial 2003	**14 214**	**408 552**	**12 613**	**443**

Importations

Importations mondiales

Les trois plus gros pôles d'importation sont les États-Unis et le Canada (38 %), l'Union européenne (27 %, Union européenne à 15 entre 1995 et 2003) et le Japon (8 %). À noter un certain marché émergent en Afrique du Nord et au Moyen-Orient (6 %), ainsi qu'en Russie (5 %) et en Chine (4 %).

Importations de l'Union européenne

La consommation est passée de moins de 3 millions de tonnes en 1988 à plus

de 4 millions en 2003 ; 63 % provenant de la zone dollars, 18 % des pays ACP et 19 % des régions ultrapériphériques de l'Union européenne (tab. 3 et 4).

Le poids de la « banane dollar » (terme consacré pour la production d'Amérique latine et centrale) est moins prédominant, au bénéfice des pays ACP et de la banane « européenne » (terme désignant les régions ultrapériphériques de l'Union européenne). Ces pays bénéficient des règles formulées en 1993 dans le cadre de l'Organisation commune du marché de la banane (OCMB). Malgré les évolutions de l'OCMB, le fonctionnement reposait encore, jusqu'en fin 2005, sur le contingentement des importations.

Depuis le 1er janvier 2006, bien que toutes les négociations ne soient pas achevées, les nouvelles règles sont mises en application dans les grandes lignes. Les quotas d'importation sont abandonnés au profit d'un système uniquement tarifaire, c'est-à-dire fondé sur un droit de douane et sur le principe « premier arrivé = premier servi ». Des clauses particulières sont mises en place pour les pays ACP qui bénéficient de l'absence de droit de douane pour un quota donné. Le volet interne de l'OCMB qui régit l'aide aux producteurs de banane européens est en cours de réexamen (septembre 2006).

La part des pays de la Caraïbe ne cesse de décroître du fait de l'étroitesse des plantations (de moins de 1 hectare à rarement plus de 10), les agriculteurs de ces pays ont tendance à abandonner l'exportation de banane.

Production de l'Union européenne

Toute la production est commercialisée dans l'Union européenne, avec une forte tendance aux marchés nationaux (tab. 5) : en France pour la Martinique et la Guadeloupe), en Espagne pour les Canaries, au Portugal pour Madère et en Grèce pour la Crète.

La part consommée sur place est faible (11 %) : Canaries, 74 686 tonnes ; Martinique, 68 tonnes ; Guadeloupe, 786 tonnes ; Madère, 4 315 tonnes ; Grèce, pas de consommation. La part commercialisée est au-dessous du quota de 854 000 tonnes fixé par l'OCMB. Les Canaries représentent plus de 50 % ; Martinique et Guadeloupe contribuent à hauteur de 43 %.

Pour protéger ces productions, l'OCMB a mis en place une aide compensatoire afin d'équilibrer le différentiel entre la recette moyenne à la production (moyenne des prix de vente des bananes communautaires) et la recette forfaitaire de référence (coûts estimés de production).

Quelques points d'histoire du commerce de la banane

Il s’agit de quelques points de repères de l’évolution de la filière de la banane d’exportation, depuis plus d’un siècle.

Tableau 3. Evolution de l’approvisionnement de l’Union européenne (à 15) selon la provenance des bananes (en 1 000 tonnes).

Dans l'examen des statistiques, et en particulier l'évolution dans le temps, il faut être très attentif aux changements :
– banane et plantain ne sont pas dissociés dans les statistiques jusqu'en 1993 ;
– production des régions ultrapériphériques pour le marché européen non comprises dans les importations depuis 1988.
Pays constitutifs de l'Union européenne : de 1995 à 2003, 15 États membres (Allemagne, Belgique, France, Italie, Luxembourg et Pays-Bas depuis 1958 ; Grande-Bretagne, Danemark et Irlande depuis 1973 ; Grèce depuis 1981 ; Espagne et Portugal depuis 1986 ; Autriche, Finlande et Suède depuis 1995) ; 25 États membres depuis 2004 (Pologne, Chypre, Hongrie, Lituanie, Lettonie, Malte, République tchèque, Slovaquie, Slovénie, Estonie).

Année	Quantité mise sur le marché européen (1 000 tonnes)	Origine de production des bananes (1 000 tonnes)				Quantité totale importée (1 000 tonnes)	Quantité réexportée (1 000 tonnes)
		Union européenne	Pays ACP traditionnels	Autres ACP	Pays de la zone dollar		
1988	2 860	719	513	0,3	1 644	2 877	17
1989	2 946	699	542	0,9	1 717	2 959	13
1990	3 320	711	618	3,8	2 024	3 357	36
1991	3 524	695	585	9,7	2 286	3 578	53
1992	3 717	711	641	38	2 366	3 757	40
1993	3 578	646	684	62	2 220	3 614	36
1994	3 356	585	640	86	2 102	3 414	58
1995	3 784	658	687	75	2 405	3 827	43
1996	3 925	685	733	61	2 471	3 956	31
1997	3 951	811	641	47	2 464	3 968	17
1998	3 802	786	554	56	2 426	3 828	26
1999	3 900	729	632	42	2 522	3 928	27
2000	4 032	782	694	60	2 528	4 067	35
2001	3 936	767	639	90	2 475	3 970	34
2002	4 063	791	625	101	2 554	4 072	8
2003	4 110	754	675	112	2 576	4 116	6
Répartition en 2003 (en pourcentage)		**18,3**	**16,2**	**2,8**	**62,7**	**100,0**	

Tableau 4. Origine des importations de l’Union européenne à 15 (en 1 000 tonnes) classées par ordre d’importance décroissante des pays selon le tonnage en 2002.

Pays	Type de pays	Quantité importée par l'UE (1 000 t)		
		2001	2002	2003
Équateur	Zone dollar	705	824	800
Costa Rica	Zone dollar	635	686	725
Colombie	Zone dollar	646	665	673
Panama	Zone dollar	348	306	303
Cameroun	ACP	215	230	293
Côte d'Ivoire	ACP	217	211	202
République dominicaine	Autre pays ACP	86	97	109
Sainte-Lucie	ACP	35	49	33
Jamaïque	ACP	43	41	42
Belize	ACP	52	38	74
Brésil	Zone dollar	17	36	46
Saint-Vincent-et-les-Grenadines	ACP	31	33	21
Honduras	Zone dollar	106	21	11
Dominique	ACP	18	17	10
Venezuela	Zone dollar	12	9,1	12
Surinam	ACP	29	6,5	
Pérou	Zone dollar	1,2	5,3	
Ghana	Autre pays ACP	3,3	3,2	0,9
Nicaragua	Zone dollar	1,2	0,8	0,04
Grenade	ACP	0,6	0,6	
Guatemala	Zone dollar	-	-	1,7
Mexique	Zone dollar	-	-	0,1
	Total	**3 203**	**3 281**	**3 368**
	Zone dollar	2 475	2 555	
	tous pays ACP	729	726	
	ACP	639	626	
	Autres pays ACP	90	101	

La banane communautaire est produite dans l'Union européenne : Martinique et Guadeloupe (France) ; Madère (Portugal) ; Canaries (Espagne) ; Crète et Laconie (Grèce) et depuis 2004, Chypre.
La banane dite « ACP » est produite par les pays d'Afrique, du Pacifique et de la Caraïbe signataires de la convention de Lomé IV avec l'Union européenne.

• La banane « ACP des pays traditionnels » provient des pays fournisseurs traditionnels (Belize, Cameroun, Cap-Vert, Côte d'Ivoire, Dominique, Grenade, Jamaïque, Madagascar, Sainte-Lucie, Saint-Vincent-et-les-Grenadines, Somalie, Surinam).

• La banane « ACP des autres pays » provient de pays non habituellement fournisseurs du marché européen (République dominicaine, Ghana).

• La banane « dollar » provient des pays d'Amérique centrale ou du Sud (Équateur, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Colombie, etc.).

Tableau 5. Evolution de la production de l'Union européenne commercialisée (1 000 tonnes).

Année	Total	Canaries	Martinique	Guadeloupe	Madère	Grèce	Chypre
1994	585	322	152	82	26	3,1	
1995	658	369	188	63	34	3,1	
1996	685	346	250	61	24	3,8	
1997	811	404	277	98	28	3,9	
1998	786	437	240	74	30	3,6	
1999	729	326	259	84	22	3,3	
2000	782	398	271	88	22	3,3	
2001	767	421	234	89	21	2,9	
2002	791	407	264	95	22	2,4	
2003	754	401	244	86	21	2,7	
2004	751	418	246	59	21	2.8	3,2
2005	648	345	226	54	14	2.9	5,8
Quota 2003	**854**	**420**	**219**	**150**	**50**	**15**	
Quota à Chypre en 2004	**867,5**						**13,5**
Répartition en 2003 (en pourcentage)		**53,2**	**32,3**	**11,3**	**2,8**	**0,4**	

Chypre est producteur depuis mai 2004.

• Vers 1850, la dispersion géographique des principaux cultivars était quasi achevée.

• À partir de 1866 (Jamaïque) et 1879 (Costa Rica), naissance de trafics commerciaux répétés puis organisés.

• Vers 1901, avec les premiers navires réfrigérés, trafic bananier vers l'Angleterre (à partir des Canaries).

• En 1899, création de l'United Fruit Company (en 1900, 86 000 hectares, dont 16 000 en bananes), voies ferrées, navires, fusion de plusieurs compagnies créées vers 1880 (dont la Boston Fruit Company).

• De 1925 à 1938, extension libre du commerce international, l'importation européenne passe de 277 000 tonnes en 1925 à 870 000 en 1938.

• En 1938, les exportations mondiales sont de l'ordre de 2,5 millions de tonnes (rendement annuel de 6,5 tonnes par hectare). Apparition de la maladie de Panama (fusariose), puis de la maladie de Sigatoka (cercosporiose

jaune) perturbant très fortement la production, et début des protectionnismes (Angleterre et Jamaïque par exemple, France…).
• Vers 1932, début de la culture de banane à la Martinique et en Guadeloupe (premiers navires bananiers de la Compagnie générale transatlantique). En 1937, les régimes sont chargés (fig. 5) et transportés en entier dans les bateaux jusqu'en métropole. La Martinique et la Guadeloupe fournissent respectivement 39 362 et 47 712 tonnes.
• 1939-1945. La guerre interrompt le développement de la production de banane sauf en Amérique centrale, vers les États-Unis.
• De 1945 à 1990, la période est fertile en changements tant techniques que commerciaux.
• De 1945 à 1952, normalisation du conditionnement (nombre de mains, qualité, emballage) (fig. 6).
• De 1953 à 1963, croissance de la consommation en Europe, augmentation de la production en Équateur, extension des maladies.
• De 1964 à 1973, révolution des techniques (variétés, emballage) et de la commercialisation.
• De 1974 à 1976, crises : chocs du pétrole et crise politique bananière en Amérique latine.
• De 1977 à 1993, alternance de reprises et de crises économiques. Conquêtes de marchés.
• En 1993, création de l'organisation du marché européen de la banane (OCMB).
• En 2006, mise en place de nouvelles règles pour le marché de l'Union européenne.

Figure 5. Vers 1935, chargement de régimes en vrac sur un navire bananier (Cirad).

Figure 6. Transport sur barge de régimes protégés par un emballage papier. Chargement sur le bateau en arrière-plan, vers 1952 (Cirad).

Diversité des systèmes de culture

Historiquement, les systèmes de production ont été développés à partir de touffes isolées près des maisons. L'évolution s'est faite d'abord pour satisfaire les besoins familiaux (autoconsommation) dans les régions chaudes et humides. Ces besoins se sont élargis à la vente directe (bords de route et petits marchés villageois), à une extension dans les systèmes d'échanges et de commerces nationaux (avec intermédiaires), et enfin, pour une part, à l'exportation destinée à des pays développés. Toute une organisation de production, de transport, d'importation et de commercialisation est alors mise en œuvre.

Systèmes de culture vivriers

En touffe

Les bananiers sont plantés isolés, en touffes près des habitations, tous les cultivars peuvent être des bananiers de case. Ils bénéficient des résidus ménagers et de l'eau de la maison.

Dans les jardins autour de l'habitation ou proches des villages, les bananiers sont associés avec d'autres espèces : vergers vivriers et fruitiers, jardins créoles permanents fertilisés par les déchets végétaux et les cendres.

En champs éloignés

Ce sont des ensembles de cultures vivrières associées (fig. 1) ou en rotation, en culture itinérante, avec traditionnellement une rotation avec la forêt. C'est le système le plus répandu pour toutes les variétés autres que les Cavendish. Si la démographie croît, il ya progression vers une association vivrière (haricot, sorgho, maïs, taro…) et une réduction des temps de jachère.

Plantes d'ombrage

Les bananiers sont aussi utilisés comme plantes d'ombrage pour des espèces pérennes (réduction forte de la densité avec des caféiers et des cacaoyers, suppression après la phase d'ombrage des hévéas et des arbres de reforestation).

Systèmes de monoculture ou de cultures associées semi-extensifs

Lorsque la banane procure un certain revenu, l'agriculteur a tendance à réduire les autres cultures et à s'orienter vers la monoculture. Il s'agit souvent d'exploitations familiales de petite surface (1 hectare et même moins). Elles sont mal adaptées à une commercialisation à distance, et encore moins aux

marchés transcontinentaux.
L'intensification de l'agriculture peut entraîner une perte de fertilité et une plus forte sensibilité au parasitisme, d'où l'importance des programmes d'amélioration génétique en cours.
Actuellement, ces systèmes sont surtout utilisés pour les variétés qui ne font pas l'objet d'une commercialisation éloignée.

Systèmes de monoculture intensive

L'intensification ne peut se réaliser que si l'agriculteur a la possibilité et les moyens de protéger sa culture des maladies et des parasites et d'entretenir la fertilité du sol. Plutôt que d'envisager l'association à d'autres cultures de rente, les systèmes monoculturaux intensifs (fig. 2) s'orientent vers la rotation culturale et la jachère entretenue ou cultivée.

Figure 1. Bananiers en association avec des papayers (Cirad).

Figure 2. Monoculture intensive en Martinique (Cirad).

Composantes du rendement brut

Sur le plan agronomique, l'objectif est d'obtenir un rendement par unité de surface et de temps aussi élevé possible. C'est dire que la production doit se rapprocher au maximum des potentialités génétiques de chaque variété ou cultivar.

Trois composantes principales interviennent dans la détermination du rendement.

• Les caractéristiques du régime. Le poids s'accroît lorsque le nombre de mains et de doigts augmente. Mains et doigts sont plus nombreux à partir du 2^{e} cycle et liés à la croissance en phase de jeunesse (qui correspond à l'intervalle floraison-récolte du pied mère). Le gain de 1 mm en grade améliore le poids du régime de 1,5 à 3,5 kilos, d'où l'importance de récolter à l'optimum compatible avec une durée de vie verte sécurisée.

• La durée des cycles. Dans des conditions de climat identiques, elle est fortement dépendante de la pratique de l'œilletonnage (choix du rejet successeur).

• Le nombre de plants productifs. Il dépend de la qualité de la replantation, de la conduite des peuplements de bananiers et des soins aux régimes (absence de chute).

Évolution et bilan des systèmes de culture « traditionnels »

L'intensification des systèmes liée à l'évolution du commerce a progressivement provoqué une surexploitation de certaines terres et le

développement d’un parasitisme aggravé — citons la maladie de Panama, les cercosporioses, les nématodes et les charançons… La lutte chimique a eu une influence plus ou moins prononcée sur l’environnement au sens large. Aussi, depuis les années 90, on assiste à un changement très sensible des systèmes de culture (et donc des techniques culturales), qui s’intègrent de plus en plus dans une agriculture durable, protectrice de l’environnement et de la santé humaine et dans un contexte équitable.

La productivité des systèmes traditionnels (monoculture, cultures associées, etc.) dépendait des conditions naturelles (climat, sol, parasitisme, topographie), contrôlées ou maîtrisées au mieux par les aménagements de base (gestion de l’eau, réseau routier...), par le système de culture (établissement des peuplements) et par les techniques culturales (production). Il s’agissait d’obtenir la meilleure rentabilité économique, sans trop se soucier des conséquences à moyen et long termes sur l’environnement et sur la société.

À titre d’exemple, la figure 3 donne une vue des systèmes de culture en place en 1995 dans les pays ACP (Côte d’Ivoire, Cameroun, Cap-Vert, Jamaïque, Sainte-Lucie, Dominique, Saint-Vincent-et-les-Grenadines, Grenade, Surinam) et trois pays d’Amérique (Équateur, Costa Rica, Colombie), auxquels on peut ajouter la Martinique et la Guadeloupe. La culture mixte était limitée aux îles Sous-le-Vent et à la Jamaïque (partiellement). La pratique de l’assainissement du sol était encore rare. Cependant, la tendance générale est de mettre en place un système monocultural plus performant par l’assainissement du sol (jachères ou rotations) et l’utilisation d’indicateurs pour la fertilisation et la lutte contre le parasitisme.

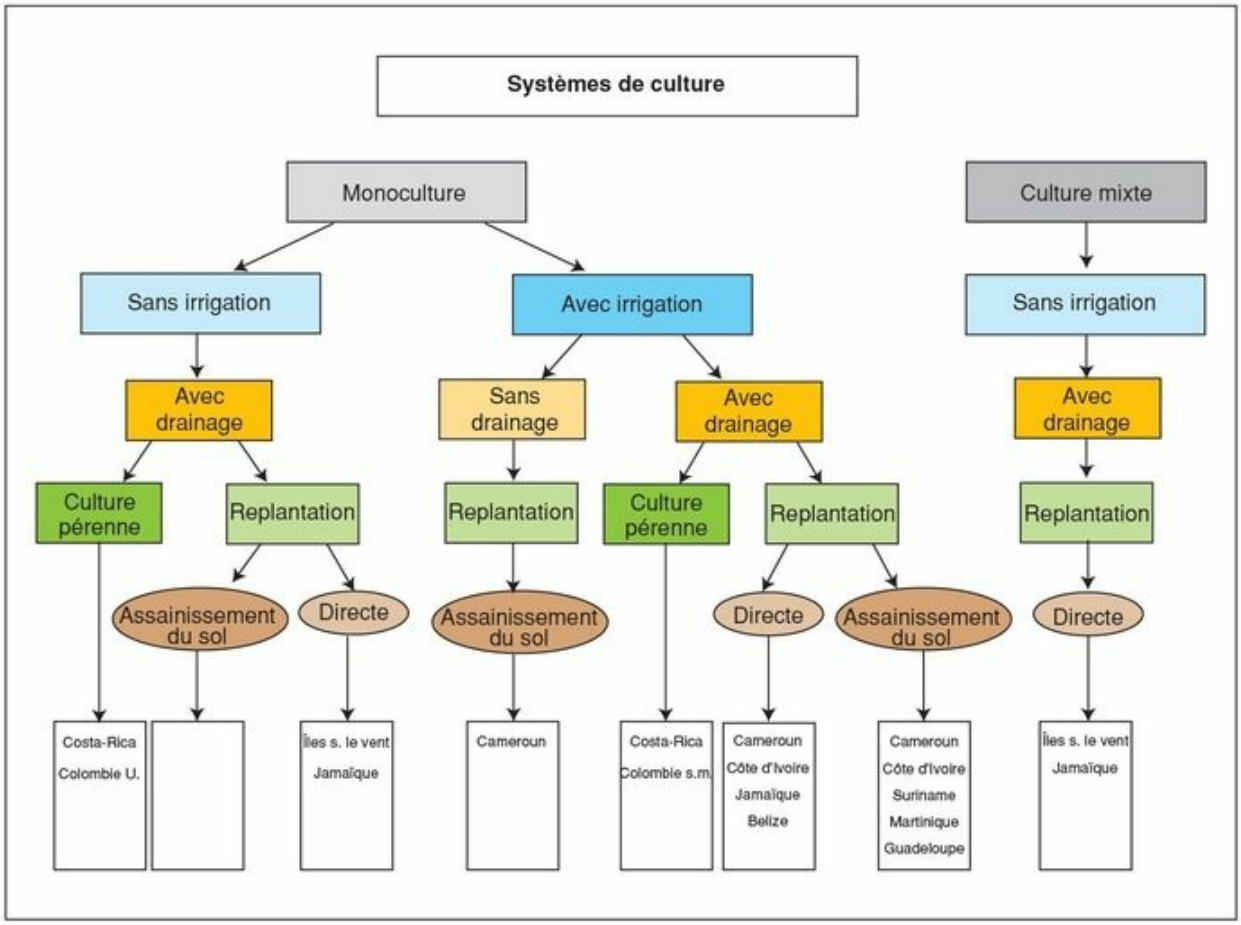


Figure 3. Caractéristiques des divers systèmes de culture de la banane dessert dans les pays ACP et dans trois pays américains en 1995 (Cirad).

Vers une agriculture durable

Une agriculture durable est à la fois rentable pour le producteur, économe des ressources, respectueuse des milieux et acceptable socialement. L'évolution actuelle peut se résumer sous une définition générale : des systèmes durables de culture bananière pour la production d'une banane plus propre dans un contexte économique équitable *(fair trade).*

Il est possible de faire évoluer les systèmes de culture actuels (fig. 4) puisque de nombreux résultats de recherche et développement sont disponibles, ainsi que des outils de gestion agronomiques (gestion dite « technique »). En outre, de nombreux exemples de systèmes intégrés existent. Cette orientation n'est donc pas utopique et probablement sans coût supplémentaire significatif.

Mais il s'agit d'appliquer un système dans sa globalité et de ne pas faire de replâtrage.

Les ingrédients d'une agriculture à la fois efficace et respectueuse de l'environnement sont connus. Il faut pas mal de science, beaucoup de savoir-

faire, un zeste de réglementation, ce qu'il faut de discipline, de bon sens et d'esprit d'ouverture.

Figure 4. Système de culture avec jachère en Guadeloupe (Cirad).

Définitions

• Le développement durable répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. Il s'agit de prendre en compte les effets à long terme des systèmes productifs sur l'environnement et sur le développement rural — nécessité d'une approche systémique, interdépendance des différentes fonctions, évolution à long terme. Étant donné le manque de connaissances sur le fonctionnement et l'évolution des systèmes, le principe de précaution doit être inscrit dans les actions.

• Agriculture raisonnée. Son ambition est de contribuer à maintenir une agriculture productive mais respectueuse de l'environnement, dans le contexte d'une démographie mondiale encore fortement croissante. Cela est possible sans risque pour les ressources naturelles en utilisant les compétences offertes par la recherche et le progrès technique en agriculture.

• L'agriculture biologique est fondée sur une éthique de pureté en construisant un système global de production à partir des seuls équilibres naturels. C'est un mode de production qui doit respecter strictement une liste limitative de pratiques et de produits de protection et de fertilisation autorisés. Dans une optique d'aménagement du territoire, elle est complémentaire de l'agriculture raisonnée en offrant la possibilité de maintenir une activité agricole dans des milieux naturels particulièrement fragiles (par exemple

dans les périmètres de captage d’eau potable).
• La lutte intégrée est définie par l’utilisation de toutes les techniques et méthodes appropriées de façon aussi compatible que possible en vue de maîtriser le développement des populations d’organismes nuisibles et de manière qu’elles ne causent pas de dommages économiques.
• En lutte biologique, l’impératif est l’utilisation d’organismes vivants, ou de leurs produits, pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles.

Culture « raisonnée » de la banane

L'agriculture raisonnée correspond à des démarches globales de gestion des exploitations qui visent — au-delà du respect de la réglementation — à renforcer les impacts positifs des pratiques agricoles sur l'environnement et à en réduire les effets négatifs, sans remettre en cause la rentabilité économique des exploitations. C'est donc une approche globale et de bon sens en gestion de l'exploitation agricole. Elle concilie l'entretien écologique d'un environnement varié et sain avec les besoins économiques. Elle intègre les méthodes de production intégrée (PI) et de gestion intégrée des ravageurs (IPPM, *Integrated production and pest management*). C'est un concept dynamique fondé sur un raisonnement global qui doit toujours être réceptif aux changements et aux progrès technologiques (fig. 1). L'agriculture raisonnée apporte une contribution vitale au développement durable car ses objectifs tant économiques que sociaux et écologiques sont introduits dans l'activité essentielle qu'est la production de denrées agricoles.

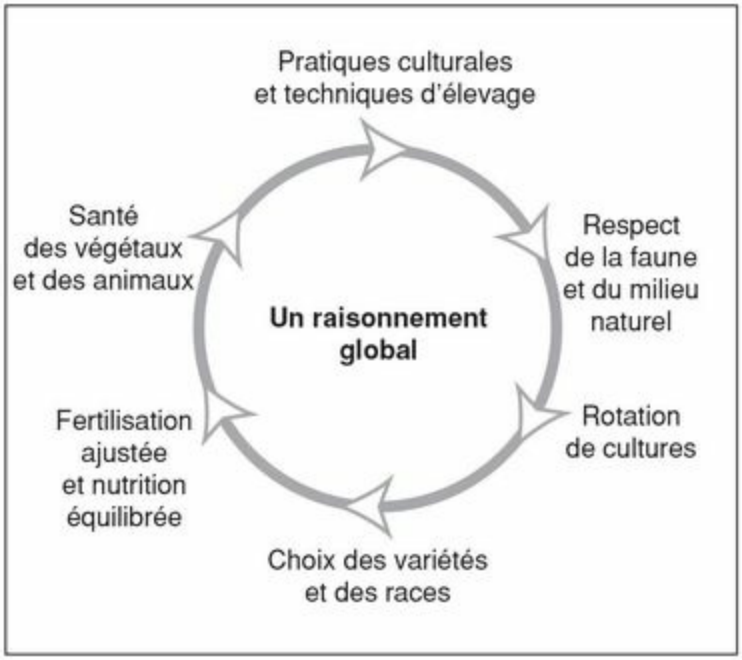


Figure 1 Concept de l'agriculture raisonnée (adapté du cahier des charges de la norme française de l'agriculture raisonnée). Le système d'agriculture raisonnée est fondé sur un raisonnement global dans lequel le but est la santé des végétaux et des plantes tout en respectant la faune et le milieu naturel. Le choix des itinéraires techniques prend obligatoirement en compte ce principe. Il s'agit de donc de s'adapter à chaque instant aux contraintes agricoles (qui sont évolutives) en mettant en œuvre les pratiques de production les plus

appropriées.

Fondements de l’agriculture raisonnée

Principes

• Produire suffisamment de la plus haute qualité. Cette production concerne les aliments, les fibres, les matières premières industrielles. Nécessité de compétences, faire attention aux détails de réalisation, respecter la législation.
• Répondre aux besoins de la société. Veiller à la qualité des produits et aux conditions de production.
• Maintenir la viabilité des entreprises agricoles. Les agriculteurs doivent continuer à exercer leur profession pour produire des aliments et des matières premières tout en entretenant les paysages. L’agriculture raisonnée, efficace et rentable, assure dans le même temps l’équilibre entre une activité économiquement saine et la réponse aux contraintes imposées par des pratiques sociales et environnementales responsables.
• Prendre soin de l’environnement. La campagne est un ensemble riche et diversifié de champs, de prairies et de forêts, créé par des centaines d’années d’activités agricoles. Cependant, toute activité agricole peut avoir des effets négatifs si elle n’est pas intégrée au milieu au sens large. L’agriculture raisonnée accroît les effets positifs tout en réduisant autant que possible les effets négatifs afin de préserver la diversité biologique du paysage agricole.
• Assurer la durabilité des ressources naturelles. Il est primordial de prendre soin des ressources naturelles pour les générations futures. Leur utilisation est optimisée afin d’assurer la fertilité du sol, la protection de la qualité de l’eau et de l’air tout en encourageant la biodiversité.

Exigences techniques

Organisation et gestion

• Planification de l’activité avec des objectifs économiques et environnementaux réalistes.
• Tenue d’enregistrements détaillés.
• Formations appropriées pour des activités agricoles raisonnées.
• Engagement de l’ensemble du personnel de l’exploitation pour la réalisation des objectifs et des buts généraux de l’exploitation.
• Adaptabilité et prise en compte des avancées scientifiques et techniques bénéfiques pour la qualité de la nourriture, pour l’environnement et la performance économique.

Surveillance et vérification

• Autoévaluation critique des pratiques et volonté de les adapter ou de les

modifier.
• Mise en place d'indicateurs économiques (rendement, qualité) et environnementaux (qualité de l'eau, état du milieu, déchets et autres caractéristiques).
• Suivi des ravageurs et de la maîtrise des populations.

Rotation des cultures et jachères

• Pratique et planification des façons culturales et de la fertilisation afin d'améliorer la structure et l'état sanitaire des sols.
• Mise en place de rotations des cultures, ou de jachères, pour réduire le plus possible le développement des ravageurs.

Gestion des sols et de l'eau

• Conservation ou augmentation de la teneur en matière organique du sol.
• Adoption de techniques culturales évitant les dommages engendrés dans la structure du sol.
• Gestion de l'eau du sol en assurant une circulation optimale (drainage, lutte antiérosive).
• Gestion économe de l'eau et réutilisation ou recyclage de l'eau chaque fois que c'est possible.
• Prévention de la pollution par fuites, débordements ou ruissellement.
• Prévention de l'accumulation de résidus pesticides.

Fertilisation

- Analyses régulières de l'état nutritif des sols.
- Bilans nutritifs des cultures et mise en conformité des applications d'engrais.
- Maintien du niveau de pH.

Protection des cultures

• Mise en œuvre de mesures préventives contre les ennemis des cultures : variétés résistantes ; rotations de cultures ; ajustement du calendrier de travaux et utilisation de modèles prévisionnels d'avertissements et de diagnostics ; inspections soigneuses et fréquentes des cultures ; évaluation des options disponibles pour la maîtrise des ravageurs, sélection d'une méthode ou d'un produit de protection qui maximise la sécurité d'emploi pour l'homme tout en limitant ses effets environnementaux.
• Utilisation des produits de protection des cultures autant que nécessaire, mais aussi peu que possible, en les appliquant de façon ciblée, et toujours selon les recommandations légales en vigueur. Conservation des enregistrements et possibilités de justifier chacune des actions entreprises

pour des motifs économiques et environnementaux.

Gestion des déchets et prévention des pollutions

• Identification et recyclage de la plus grande part des déchets organiques et de certains produits et matières synthétiques (plastiques, etc.).

• Réduction au minimum des déchets non utilisables et élimination de leur cause.

• Stockage des engrais et des produits de protection des cultures de façon sûre et conforme à la réglementation.

Exigences réglementaires

Le qualificatif « agriculture raisonnée » est officiellement reconnu en France et son utilisation est régie par un décret de mars 2004.

Demande de qualification

En France, la demande de qualification est adressée par le chef d'exploitation à un organisme certificateur agréé ou à une structure relais. Elle est attribuée pour une durée de cinq ans par un de ces organismes.

Référentiel

Le référentiel de l'agriculture raisonnée fait mention des domaines suivants :

– connaissance de l'exploitation et de son environnement (abonnement à un journal d'information agricole, plan détaillé de l'exploitation, formation au moins tous les 5 ans) ;

– traçabilité des pratiques (enregistrement des interventions) ;

– santé et sécurité du travail (installations sanitaires, formation à la sécurité, équipements de protection) ;

– gestion des sols (analyses de sol) et fertilisation minérale et organique (stockage des engrais, épandage des fertilisants, plan prévisionnel de fumure) ;

– protection des cultures (procédés de lutte, déclenchement des traitements, stockage des pesticides, choix des pesticides, matériel de traitement et préparation) ;

– irrigation (suivi des quantités, mode de gestion) ;

– gestion des déchets de l'exploitation.

Application à la culture bananière

L'objectif de la production bananière pour le marché international est de viser un rendement élevé afin de garantir et préserver la durabilité économique des exploitations. Ainsi, toutes les mesures envisageables au titre de la protection du milieu naturel doivent être économiquement acceptables.

Pratiques et itinéraires techniques

L'agriculture raisonnée, qui peut se définir comme un ensemble de « pratiques, systèmes de culture et itinéraires techniques », est certainement l'approche satisfaisant au mieux les obligations de la production bananière.

• Maintenir, voire restaurer, la capacité de production des sols. Les études réalisées ont montré que la capacité de production des sols dépend de la maîtrise de la gestion des eaux de ruissellement et de percolation — régalage et profilage de la parcelle et création d'un réseau de fossés de diversion et de drainage — et du maintien des équilibres minéraux et du stock de carbone — adéquation de la fertilisation, matières organiques.

• Ajuster les apports d'intrants aux besoins réels de la plante. Cela dépend d'une bonne gestion des peuplements, liée en particulier à la maîtrise de la technique de l'œilletonnage, de l'alimentation hydrique (irrigation optimale) et du parasitisme tellurique (bulbaire et racinaire).

Productivité et pratiques culturales

Les études et les recherches de ces dernières années ont montré qu'il est nécessaire — et possible — de produire plus et mieux tout en diminuant de manière importante les risques environnementaux liés aux pratiques culturales. On peut définir trois étapes d'intervention.

Conception des aménagements de la plantation

L'essentiel est de maîtriser la circulation de l'eau sous l'angle de la lutte antiérosive et de l'optimisation du drainage interne et de l'irrigation.

Mise en place des systèmes de culture plus durables

La recommandation est d'installer du matériel végétal sain (vitroplants) sur un sol sain (diverses rotations culturales et jachères). La pérennité de la bananeraie est largement dépendante de l'évolution (et donc de la maîtrise) du parasitisme tellurique.

Choix des itinéraires techniques

Il est indispensable de raisonner les techniques culturales afin d'optimiser leur efficacité tout en réduisant les risques pour l'environnement. Le but recherché est, dans des conditions satisfaisantes pour l'agriculteur, de :

– maintenir un peuplement de bananiers productif le plus longtemps possible en limitant la fréquence de replantation, en conservant constant le nombre de plants productifs, en assurant un retour de cycle rapide ;

– favoriser le développement de l'activité biologique du sol en limitant l'utilisation de pesticides et en améliorant la fraction organique du sol ;

– ajuster les apports d'intrants aux besoins réels de la culture en appliquant la

fertilisation et la lutte contre les parasites à partir d’outils d’aide à la décision disponibles et validés ;
– parvenir à une homogénéité de la qualité des fruits en optimisant le stade de récolte pour une maturation de qualité, sans omettre de vérifier la pertinence des apports d’intrants en cours de culture (fongicides, lutte contre les parasites) et de contrôler la performance de la chaîne postrécolte (du hangar à l’étal) ;
– améliorer la traçabilité du produit en diminuant les traitements postrécolte et en protégeant l’environnement (recyclage et traitement des eaux de station d’emballage).

Raisonnement et évolution d’un système de culture

Le système de culture peut donc être raisonné selon différents axes. À partir de ces bases, il est possible de décliner toutes les formes de culture du bananier — tout en sachant que la recherche progresse en permanence. Il est donc indispensable de se tenir informé, comme cela est souligné dans les exigences réglementaires de la certification « agriculture raisonnée ».

Culture de banane « biologique »

L'agriculture biologique (label AB) recherche un équilibre entre agriculture et nature. Les consommateurs ont pour souci de préserver leur santé et de retrouver le goût authentique des aliments, tout en protégeant la planète.
Le Codex alimentarius (FAO, WHO, 1999) précise que l'agriculture biologique est un système de gestion de la production qui favorise la santé de l'agrosystème, y compris la biodiversité, les cycles biologiques et l'activité biologique des sols. Les systèmes de production biologique reposent sur des normes spécifiques et précises de production dont l'objectif est de créer des agrosystèmes les meilleurs possibles qui demeureront durables sur le plan social, écologique et économique.

Comment devenir un producteur biologique ?

Période transitoire

Dans l'Union européenne, une période transitoire dite de conversion — pendant laquelle sont mis en œuvre les principes de production biologique — est obligatoire. Elle est de deux ans avant ensemencement pour les cultures annuelles et de trois ans avant récolte pour les cultures pérennes.

Certification et contrôle par un organisme agréé

En France

Tout agriculteur doit notifier son activité agriculture biologique auprès de la DDAF (Direction départementale de l'agriculture et de la forêt). Pour être commercialisé, tout produit de l'agriculture biologique doit subir le contrôle des conditions dans lequel il a été produit et obtenir la certification d'un organisme agréé sur le territoire français (Écocert, Qualité France ou Afaq-Ascert).

Dans le monde

Il y a de nombreuses initiatives privées. La Fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique (Ifoam) a défini des normes et de nombreux pays ont établi des règlements pour lutter contre la fraude et faciliter les échanges commerciaux.

Identification

Contraintes particulières

Si une même exploitation pratique la production en agriculture biologique et une production conventionnelle, les parcelles et les lieux de stockage doivent être clairement séparés.

Comment identifier les produits biologiques ?

L’étiquetage et la publicité des produits issus de l’agriculture biologique sont soumis à des règles spécifiques très précises. Le nom de l’organisme certificateur est obligatoire sur tous les produits.

Comment produire biologiquement ?

Un produit issu de l’agriculture biologique est soit un produit agricole — y compris fleurs, arbres, plantes textiles, etc. —, soit une denrée alimentaire résultant d’un mode de production agricole. Il est exempt de produits chimiques de synthèse — interdiction d’utiliser des pesticides, engrais chimiques et organismes génétiquement modifiés (OGM), limitation d’emploi des intrants. La plupart des normes de l’agriculture biologique incluent la conservation des sols et des ressources en eau, le recyclage des matières organiques, la lutte contre les maladies, les ravageurs et les adventices. L’interdiction d’utiliser des produits chimiques de synthèse oblige à mettre en œuvre des pratiques spécifiques.

Fertilité et activité biologique

La fertilité et l’activité biologique du sol seront maintenues ou améliorées par la culture de légumineuses, d’engrais verts, par l’incorporation de matières organiques, compostées ou non, de sous-produits de l’élevage (fumier et autres) provenant d’exploitations biologiques. Des apports complémentaires de certains engrais sont possibles. Pour cela, il existe une liste définie des produits autorisés.

Maîtrise du parasitisme

Le parasitisme doit être maîtrisé par le choix des variétés et des espèces, la mise en place de rotations culturales ou jachères assainissant le sol, l’utilisation de moyens non chimiques telles la lutte biologique et la dissémination de prédateurs. La maîtrise de l’enherbement doit se faire par désherbage thermique ou mécanique (ou par utilisation d’animaux).

En cas de danger immédiat, l’agriculteur est autorisé à utiliser certains produits précisés dans les annexes du règlement du label AB.

Production de banane biologique

Une banane est considérée comme « biologique » si sa conformité aux normes définissant les produits biologiques a été validée par une organisation de certification indépendante.

Dans le monde

Évolution récente

Le principal fournisseur est la République dominicaine (60 000 tonnes en

2002, soit près de la moitié de l'offre mondiale de bananes biologiques) suivie par l'Équateur et le Pérou, la Colombie, le Honduras, le Mexique, les Canaries. Jusqu'en 1999, les bananes biologiques étaient produites presque exclusivement par les petits cultivateurs. De grandes plantations, par exemple en République dominicaine et en Équateur, ont alors commencé à en exporter.

En 2002, les importations sont évaluées à 141 000 tonnes (1 % du marché total). La progression fut très forte en quatre ans (29 000 t en 1998, 118 000 t en 2001). Les États-Unis et le Canada consomment moins que l'Union européenne (48 000 contre 88 000 t).

Perspectives

Le principal obstacle à la production de banane biologique est la présence de la cercosporiose jaune ou noire dans de nombreux pays producteurs, difficile à combattre en appliquant les principes de l'agriculture biologique. Les infestations de charançon *(Cosmopolites sordidus)* peuvent être aussi un frein important. La création de variétés résistantes ou tolérantes est quasi indispensable pour l'expansion de cette production.

Cependant, la capacité de production de bananes en agriculture biologique est actuellement largement supérieure aux volumes vendus, en particulier pour l'Équateur et le Pérou, où des surfaces considérables ont été converties. Le principal risque commercial actuel est de ne pas trouver suffisamment de débouchés, du fait d'une évolution restreinte ces trois dernières années, et donc de vendre aux prix de la banane traditionnelle.

Spécificités de la culture biologique de la banane

Du matériel sain implanté sur un sol sain ou assaini

La monoculture n'est pas envisageable, le principe de base étant d'implanter du matériel végétal sain implanté sur un sol sain ou assaini. Il est indispensable d'adopter un système de jachère vraie ou de rotation culturale, avec maraîchage ou, mieux, canne à sucre. Dans tous les cas, il faut rapidement assurer un vide sanitaire en fin de culture de la banane (arrachage complet et retournement du sol). Le matériel végétal doit être sain, il est recommandé d'implanter des vitroplants ou des rejets issus de vitroplants.

Maîtrise de l'enherbement

C'est l'un des volets techniques les plus difficiles à assurer. La période la plus délicate se situe entre la plantation et la couverture totale du sol par le système foliaire. On peut fortement diminuer cette contrainte par la pratique d'une jachère avec mulch, l'utilisation d'amendements organiques (type

compost), la couverture du sol par des produits du commerce (papier, plastique).
Il faut aussi privilégier les densités assez fortes avec un dispositif en quinconce, un œilletonnage précoce favorisant le départ rapide du rejet successeur, l'étalement des déchets de culture sur toute la surface. Le travail mécanique du sol pour détruire les adventices n'est pas possible à cause des racines superficielles ; alors le désherbage thermique peut être une solution.

Maintien de la fertilité du sol et alimentation minérale du bananier

Le maintien de la fertilité du sol et de l'alimentation du bananier est à réaliser avec des produits naturels organiques ou minéraux (non de synthèse) et le suivi est prévu par analyse du sol et des feuilles. Lors de l'utilisation d'amendements organiques (composts végétaux, bagasse canne, bokashi), il faut être très vigilant sur leur état d'évolution, surveiller le rapport C / N, la phase de « chauffe » (augmentation de la température du fait de l'activité microbienne) et la stabilité de la composition.
En fertilisation, les engrais organiques (guanumus, farines de plumes, vinasses de betterave, etc.) seront complémentés par des produits naturels (guano, kiesérite, phosphates...) pour équilibrer la nutrition.

Lutte contre les parasites et les ravageurs

Si les principes d'un sol assaini, d'un matériel végétal sain et de la maîtrise de la circulation de l'eau sont respectés, les infestations de nématodes devraient être limitées.
En revanche, les charançons devront peut-être faire l'objet d'une lutte par piégeage (phéromone) ou biologique (techniques disponibles).
Contre la cercosporiose, ne planter qu'en zone peu favorable à son développement, ou utiliser un cultivar tolérant. L'effeuillage hebdomadaire des feuilles nécrosées est obligatoire.
Le parasitisme sur fruits sera réduit par le gainage au stade tête de cheval et l'épistillage au stade mains horizontales, ces opérations assurent une réduction maximale de l'inoculum.

Principes de postrécolte

Les produits fongicides naturels sont peu nombreux et d'efficacité limitée. La suppression des traitements fongicides postrécolte oblige à être très strict sur la qualité des travaux et la propreté des équipements.
• Maîtriser la qualité de l'eau de lavage et rincer les fruits en station, avec recyclage et traitement biologique des eaux.
• Assurer une propreté permanente de la station de conditionnement et des

abords, utiliser des polybags non perforés avec un vide partiel.
• Mettre en froid très rapidement, à 14 °C.

Commerce équitable de la banane dessert

Les initiatives de commerce équitable *(fairtrade)* se sont fortement développées ces dernières années. Leur objectif est d'améliorer l'accès aux marchés et de rendre plus attractives les conditions commerciales pour des petites entreprises, notamment en prévoyant des primes destinées à des actions sociales et environnementales. Il existe plusieurs définitions de l'expression « commerce équitable ». L'une des mieux acceptées est que le commerce équitable contribue au développement durable en proposant de meilleures conditions commerciales aux producteurs marginalisés, spécialement dans le Sud, et en sécurisant leurs droits. On parle aussi de « produits éthiques ».

Organisation du commerce équitable

Labels

De plus en plus de grandes surfaces ont leur rayon « éthique ». Outre le label Max Havelaar, on trouve le tout nouveau label Écocert et d'autres variantes.
Afin d'assurer et de faire respecter des normes garantissant la dénomination de commerce équitable, diverses organisations non gouvernementales et enseignes commerciales ont créé en 1997 la Fairtrade Labelling Organisations (Flo) International. Organisation de labellisation du commerce équitable, Flo International est juridiquement indépendante et fait appel à des vérificateurs locaux. Elle joue un rôle de coordination à l'échelon international et tient le registre de producteurs certifiés pour chaque produit. Flo international a comme devise : « pour vous, qualité, pour eux, dignité, pour tous, équilibre ».

Critères

Le commerce équitable signifie que les producteurs obtiennent un prix couvrant le prix de revient et un surcroît qui peut être investi dans des mesures sociales, environnementales ou d'amélioration de la qualité.
Les consommateurs ont la garantie qu'une proportion accrue du prix de détail revient à des petits cultivateurs et est employée pour financer ces mesures favorables aux producteurs.
Parmi les critères retenus, les plus courants sont :

- participation à des associations d'exploitants et à des coopératives ;
- liberté d'association pour les travailleurs des plantations ;
- salaires et logements ainsi qu'hygiène et sécurité sur les lieux de

travail ;
- absence d’emploi des enfants et de travail forcé ;
- interdiction des herbicides et création de zones tampons le long des cours d’eau ;
- prix minimal fixé par Flo plus une prime de commerce équitable ;
- avance voisine de 60 % de la valeur marchande (à faire par les commerçants).

Cahier des charges du producteur

Le cahier des charges requiert trois aspects fondamentaux pour le producteur.

• Transparence administrative, respect des conventions de l’OIT (Organisation internationale du travail), présence de syndicats ou autres formes légitimes de représentation des travailleurs.

• Capacité d’exportation et de gestion interne, professionnelle.

• Mise en place de mesures environnementales, système de production intégré par exemple, afin de réduire l’utilisation d’intrants synthétiques, mesures de protection des eaux et lutte contre l’érosion.

Production et marché

Rappelons qu’il n’est pas fait de distinction entre banane traditionnelle, banane biologique, banane équitable ou toute autre certification dans les statistiques officielles des importations. Les données les plus fiables correspondent à celles établies par Flo.

Pays producteurs et importateurs

Elle est assurée principalement par la Colombie, le Costa Rica, l’Équateur, la République dominicaine, les îles du Vent (Grenade, Saint-Vincent-et-les-Grenadines, Sainte-Lucie, La Dominique), le Ghana, les Philippines (marché japonais).

Le volume des importations, qui ont débuté en 1996, est passé de 12 300 tonnes à 22 500 entre 1997 et 2000. En 2003, elles étaient d’environ 29 000 tonnes pour l’Europe des 15 et de 20 000 tonnes en Suisse (près de 20 % de la consommation).

Si l’on excepte le Royaume-Uni (18 200 t), les importations des autres pays sont inférieures à 3 000 tonnes, 820 tonnes en France.

La FAO estime qu’environ 35 % des bananes Flo sont aussi certifiées en agriculture biologique. Ce pourcentage serait en augmentation.

Prix

Ils sont fixés sur la base des coûts de production. Flo estime les coûts moyens par pays et tient compte des frais supplémentaires spécifiés lors de la

certification, notamment l’indemnité de subsistance attribuée aux travailleurs. Les commerçants agréés ont l’obligation d’acheter à ce coût plus la prime de commerce équitable.
De façon générale, les perspectives à long terme des bananes du commerce équitable ne semblent pas très bonnes, à moins que ces bananes puissent aussi obtenir un label écologique. Enfin, certains craignent que le mouvement du commerce équitable en général ne soit en train de perdre de son élan.
Les bananes du commerce équitable et les bananes biologiques se retrouvent face à deux grands obstacles communs. Le premier est l’accès au marché européen dans le cadre des nouvelles modalités d’approvisionnement mises en place depuis début 2006 par l’OCMB (nouveau code des marchés) de l’Union européenne ; le second est le fait que les consommateurs exigent que les bananes du commerce équitable soient aussi des bananes de l’agriculture biologique.

Système de management de la qualité

Rappelons que la certification est une démarche volontaire orientée d'abord vers le marché au sens large. Elle prend donc en compte l'évolution des exigences, tant en qualité du produit lui-même qu'en mode de fabrication (aspects sociaux et environnementaux). La certification peut aider un producteur ou un groupe de producteurs à rationaliser ses activités tout en optimisant ses coûts. Elle ajoute une plus-value à son produit en valorisant sa propre image de marque tant auprès des consommateurs que des partenaires, des autorités publiques et de l'opinion publique.

Des normes génériques

Ce sont deux familles de labels constituées de normes et de lignes directrices se rapportant à des systèmes de management et de normes de soutien. Elles exigent des organismes qui les mettent en œuvre qu'ils améliorent en permanence leurs performances respectivement en management de la qualité (Iso 9000) et en management environnemental (Iso 14000). Elles traitent de la manière de travailler d'un organisme, donc d'un processus, et non du résultat de ce travail. Cependant, il y a une incidence indirecte du processus sur le produit.

Il s'agit donc de familles de normes génériques de systèmes de management. Elles peuvent être appliquées à tout organisme, grand ou petit, quel que soit son produit (y compris des services), dans tous les secteurs d'activité et aussi bien à des entreprises commerciales qu'à des administrations publiques.

Ces normes se rapportent à la structure dont l'organisme dispose pour gérer ses processus ou activités et dont les ressources d'entrée sont transformées en un produit ou service répondant aux objectifs de l'organisme (exigences du client, protection de l'environnement…).

Iso 9000

Ces normes traitent principalement du management de la qualité. La définition normalisée de la qualité se rapporte à toutes les caractéristiques d'un produit (ou d'un service) qui sont exigées par un client. Le management efficient et efficace des processus aidera par exemple à établir que tout a été fait pour s'assurer que le produit satisfait aux exigences du client.

Iso 14000

Ces normes traitent principalement du management environnemental. Il s'agit des réalisations de l'organisme pour réduire les effets nuisibles de ses activités sur l'environnement. Ce management aidera à établir que tout a été

fait pour s’assurer que l’impact nuisible d’un produit sur l’environnement est minimal, à n’importe quel stade de son cycle de vie.

Certification Iso

L’International Organisation for Standardisation (Iso) est une organisation internationale non gouvernementale créée en 1976. C’est une fédération mondiale d’organismes nationaux de normalisation de quelque 140 pays. En Europe, il s’agit de normes EN. L’Association française de normalisation (Afnor), association loi de 1901 qui délivre les normes françaises NF, est membre du Centre européen de normalisation (Cen).

La certification est une procédure qui permet d’attester la conformité d’un produit, d’un service ou d’une organisation à un référentiel donné, une norme par exemple. En France, c’est l’Association française pour l’assurance qualité (Afaq) qui délivre la certification par tierce partie — indépendante du client et du fournisseur — des normes Iso 9000 et Iso 14000.

Procédure

Cette certification, réalisée par l’Afaq en France, comprend les étapes suivantes.

• Demande de certification par l’entreprise, envoi d’un questionnaire d’identification par l’Afaq et renvoi par l’entreprise.

• Le comité de certification adresse alors à l’entreprise un contrat, le guide de référence applicable, le questionnaire d’évaluation ainsi que le guide de l’audit.

• Le comité de certification demande des informations sur le système qualité de l’entreprise (manuel qualité, procédures), puis examen des documents par le comité.

• Réalisation de l’audit, envoi du rapport d’audit à l’entreprise et réponse de celle-ci.

• Réalisation d’un audit complémentaire si nécessaire.

• Examen du dossier de certification par le comité.

• Délivrance du certificat Afaq, valable 3 ans, visites périodiques de surveillance, renouvellement du contrat.

Résultats

Il s’agit bien d’une certification du système de qualité (et non orientée sur le produit), d’une exigence de résultat (et non de moyens), d’une définition de « qui fait quoi ».

La démarche augmente la crédibilité de l’entreprise en tenant compte du contexte concurrentiel fort. Accordée par un organisme certificateur

indépendant (certification par tierce personne), elle suppose l'adhésion de tous les managers et est portée par tous.
La réussite implique tout le personnel et en valorise le professionnalisme. Elle simplifie les référentiels.
L'échec est souvent lié à une documentation excessive, au manque d'engagement ou d'implication du management, à la rédaction des procédures sans les véritables acteurs, à une communication interne insuffisante.

Mise en place

Chaque entreprise doit faire appel à son imagination et à son sens de la recherche pour trouver les mesures qui seront en adéquation avec son activité. Aucun système de management de la qualité ne peut aboutir sans que la direction générale ne soit convaincue de son utilité. Un responsable d'assurance qualité doit être nommé pour mener à bien la démarche.

Iso 9000, management de la qualité

Il est utile de donner les principes de management de la qualité, puis l'approche à mettre en œuvre et quelques éléments de la méthode.

Principes du management de la qualité

1. Passage de la conformité à l'orientation client : cerner et comprendre les besoins et les attentes du client, mesurer la satisfaction du client et agir sur les résultats.
2. *Leadership :* créer et maintenir un environnement interne dans lequel les personnes peuvent pleinement s'investir dans la réalisation des objectifs de l'organisme.
3. Implication du personnel : associer toutes les personnes à tous niveaux et utiliser leurs aptitudes au profit de l'organisme.
4. Approche par processus : définir systématiquement les activités nécessaires pour obtenir le résultat désiré.
5. Management par approche globale : structurer le système pour atteindre les objectifs de la façon la plus efficace et efficiente.
6. Amélioration continue : assurer la formation du personnel aux méthodes d'amélioration continue des produits, processus et systèmes.
7. Approche factuelle pour la prise de décision : garantir que les données et les informations sont suffisamment exactes et fiables.
8. Relations mutuellement bénéfiques avec les fournisseurs : établir des relations qui équilibrent les gains à court terme et les considérations à long terme.

Approche « processus »

Son intérêt est la maîtrise permanente de la qualité en soulignant l'importance de comprendre et de satisfaire les exigences, de considérer les processus en termes de valeur ajoutée, de mesurer la performance et l'efficacité des processus et d'améliorer en continu les processus sur la base de mesures objectives (fig. 1).

Trois questions sont fondamentales pour l'évaluation :

– le processus est-il identifié et défini de manière appropriée ? Les responsabilités sont-elles distribuées ?

– les procédures sont-elles mises en œuvre et tenues à jour ?

– le processus est-il efficace pour obtenir les résultats exigés ?

Tout cela est intégré dans une logique d'amélioration continue, que l'on peut représenter par la « roue de Deming » (fig. 2), concept PDCA : *« plan, do, check, act »*.

• *Plan*, planifier. Écrire ce que l'on fait (préciser le qui fait quoi), c'est-à-dire établir les objectifs et les processus pour fournir les résultats correspondant aux exigences des clients et aux politiques de l'organisme.

• *Do*, faire. Faire ce que l'on a écrit (écrire un minimum et le faire), c'est-à-dire mettre en œuvre les processus.

• *Check*, vérifier. Vérifier (indicateurs judicieux), c'est-à-dire surveiller et mesurer les processus et le produit par rapport aux politiques, objectifs et exigences du produit. Rendre compte des résultats.

• *Act*, agir. Améliorer (valider les trois étapes), c'est-à-dire entreprendre les actions pour améliorer en permanence les performances des processus.

Étapes de la certification

La méthode à mettre en œuvre pour atteindre la certification pourrait se résumer en 13 étapes (fig. 3).

• Identifier les macroprocessus de réalisation.
• Collecter puis sélectionner les besoins et les attentes des clients.
• Établir la politique qualité de l'organisme.
• Déterminer les exigences relatives au produit.
• Établir la cartographie des processus de réalisation.
• Intégrer les exigences relatives au produit.
• Déployer la politique qualité en objectifs.
• Inclure les processus et supports opérationnels.
• Satisfaire les exigences des normes Iso 9000.
• Mettre à niveau les processus de management.

• Mettre à niveau les processus de gestion des ressources humaines.
• Établir les processus de communication,
• Représenter l'ensemble des macroprocessus du management (management et réalisation).
Il s'agit donc d'un travail impliquant toute l'entreprise et, si possible, des intervenants extérieurs soit experts soit compétents en d'autres domaines ouvrant des perspectives nouvelles.

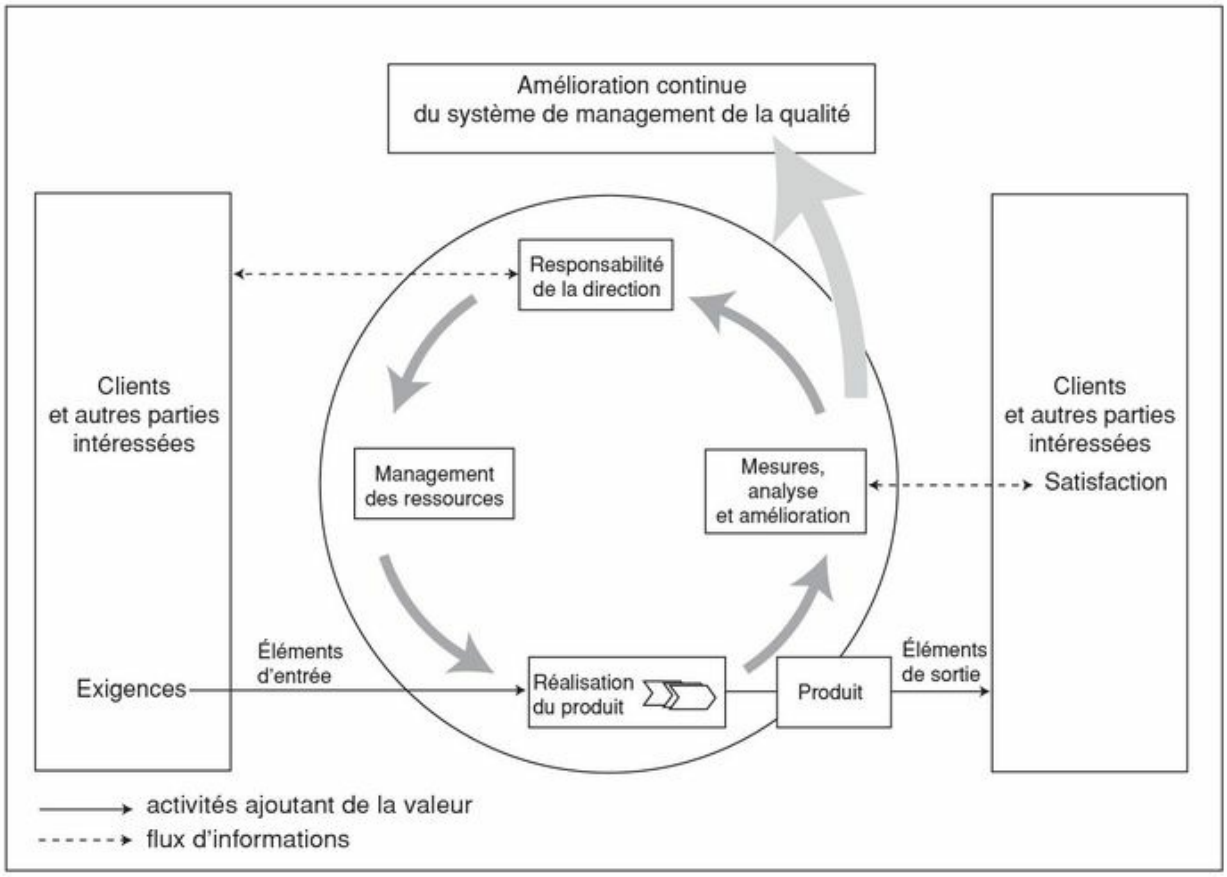


Figure 1. Modèle d'un système de management de la qualité dans l'approche processus (adapté du cahier des charges Iso 9002).

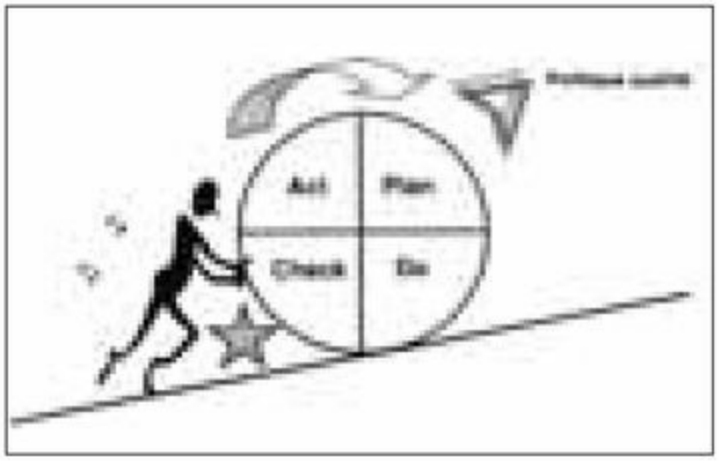


Figure 2. Roue de Deming, concept PDCA. D'abord écrire ce que l'on fait (*Plan* = Planifier) ; puis faire ce que l'on a écrit (*Do* = Faire) ; et contrôler (*Chek* = Vérifier) ; enfin améliorer (*Act* = agir) tout en progressant (adapté cahier des charges Iso 9002).

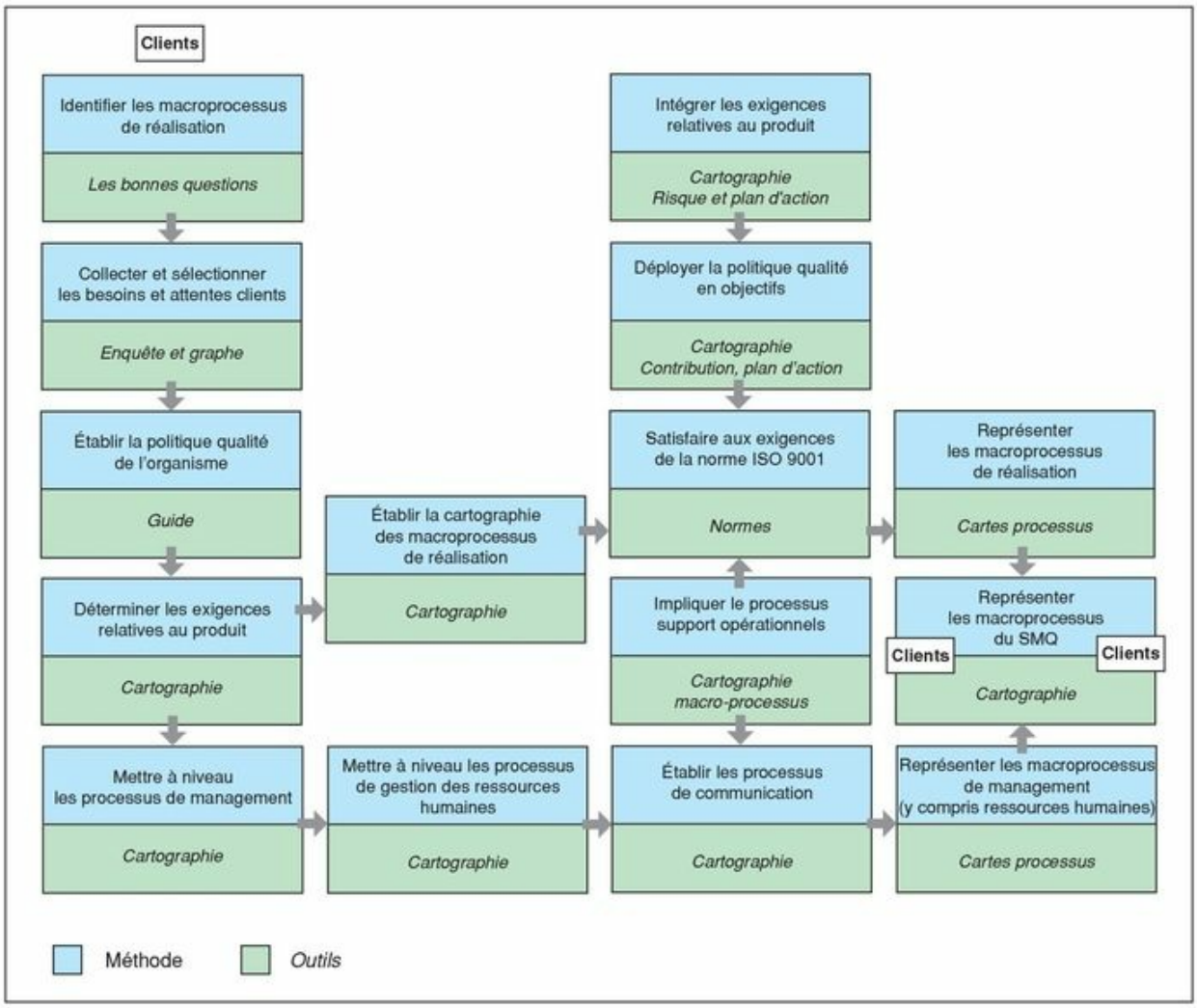


Figure 3. Système de management de la qualité Iso 9000 : les étapes et les outils de la méthode (adapté cahier des charges Iso 9002).

Système de management environnemental

La norme Iso 14001-2004 traite principalement du management environnemental, mais elle ne s'applique pas aux produits. Il s'agit de formaliser ce que l'organisme réalise pour réduire les effets nuisibles de ses activités sur l'environnement. Ce management aide à établir que tout a été fait pour s'assurer que l'impact négatif d'un produit sur l'environnement est minimal à n'importe quel stade de son cycle de vie. Cette démarche permettra d'attirer de nouveaux clients et de valoriser l'image de marque de l'entreprise. Il y a compatibilité entre les deux familles d'Iso (Système de management de la qualité et système de management environnemental) et le passage du premier au second est relativement aisé. L'évolution actuelle vers une agriculture durable et protégeant l'environnement incite à s'engager directement dans la certification 14001-2004, certification qui sera probablement indispensable dans quelques années sur le marché bananier européen.

Certification

Elle se déroule sur un cycle de trois ans.

- Année 1, audit complet de certification.
- Années 2 et 3, audits de suivi.
- À partir de l'année 4, audit complet et nouveau cycle de trois ans.

La certification est réalisée par un organisme accrédité à cet effet, par exemple par le Comité français d'accréditation (Cofrac), créé en 1994.

L'utilisation des termes est stricte (comme pour Iso 9000) et ne doit pas prêter à confusion. Le produit (ou une information sur le produit) ne doit pas porter la mention « produit certifié Iso… » car c'est le système de management qui couvre les processus au moyen desquels le produit est réalisé qui est certifié.

Mise en place

Principes

On retrouve un schéma *« plan, do, check, act »* (PDCA) (fig. 1) quasi identique à celui présenté pour les systèmes de management de la qualité (Iso 9001-2000).

Le système de management environnemental repose sur sept concepts principaux :

– applicable à tous les types et à toutes les tailles d'organismes ;

– nécessite l'engagement de la direction générale ;

– nécessite l'engagement de se conformer à la législation et de mettre en œuvre les principes d'amélioration continue et de prévention de la pollution ;
– permet la certification ;
– n'établit pas d'exigences en matière de performance ;
– encourage l'adoption des meilleures technologies disponibles ;
– ne contient pas d'exigences relatives à la santé et à la sécurité.

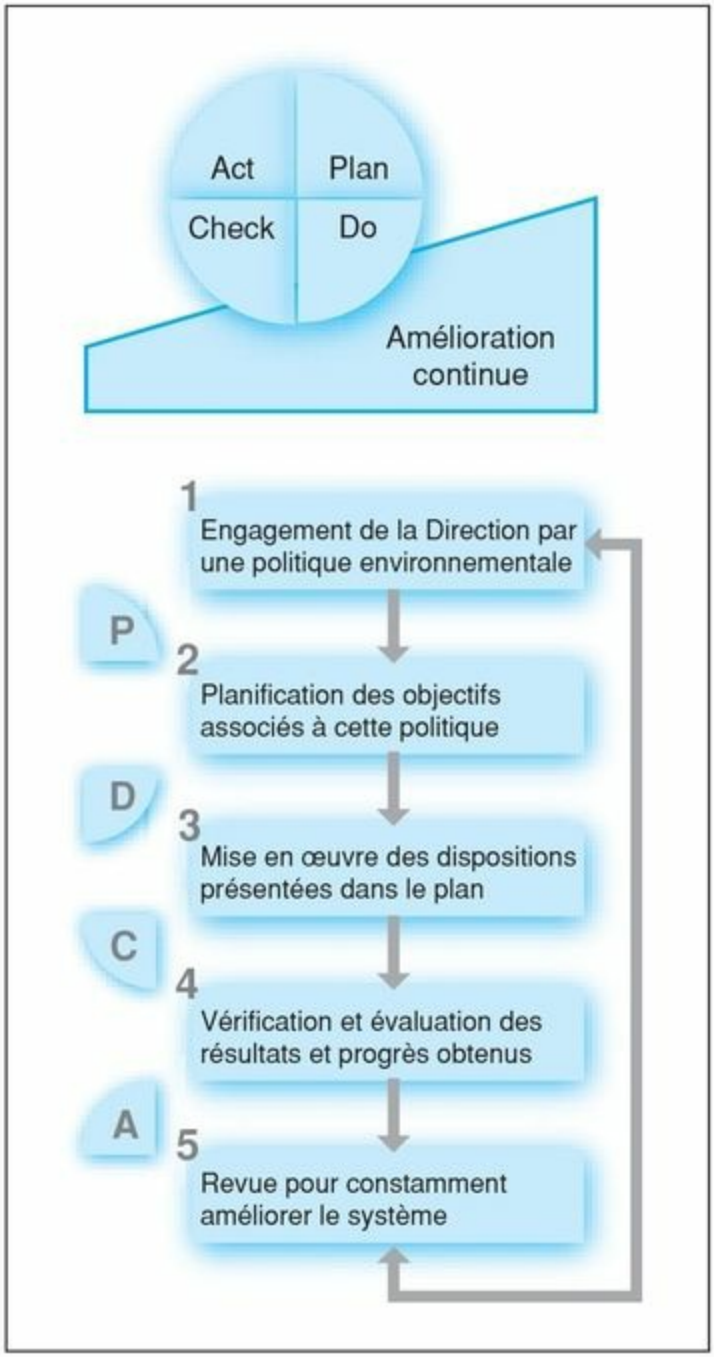


Figure 1. Principes pour la conception et la mise en application d'un système

de management environnemental, Iso 14000 (adapté du cahier des charges Iso 14000).

Obligations de l’entreprise

L’entreprise doit tout d’abord étudier et lister les facteurs qui influent sur le paysage, sur la qualité de l’air et de l’eau, sur le bruit, pour les déchets, etc., et ainsi réaliser le bilan initial environnemental. Ensuite, elle doit définir un programme d’objectifs d’amélioration avec des délais et des budgets associés ; les engagements ne sont pas obligatoires et l’entreprise se fixe elle-même ses objectifs selon ses moyens financiers, humains et matériels et s’attache à les respecter. Enfin, elle doit vérifier régulièrement son programme (audit) sur le terrain et constater l’amélioration ou modifier son fonctionnement si les résultats escomptés ne sont pas satisfaisants.

Exigences

Des exigences précises s’ajoutent à la nécessité d’établir et de maintenir une procédure permettant d’identifier et de retrouver les exigences légales et autres auxquelles l’organisme a souscrit et qui s’appliquent aux aspects environnementaux, activités, produits ou services.

Politique de protection de l’environnement

Elle doit être appropriée à la nature, à la dimension et aux conséquences des activités, des produits ou services de l’organisme. Elle comporte un engagement d’amélioration continue et de prévention de la pollution en se conformant à la législation et autres exigences. Cette activité doit être documentée, mise en œuvre, suivie, communiquée à tout le personnel, et disponible pour le public.

Planification

Elle regroupe trois objectifs.

• Établir et actualiser une procédure d’identification des aspects environnementaux des activités et produits, en déterminant ceux qui ont des impacts significatifs sur l’environnement.

• Établir, maintenir et documenter les objectifs et cibles qui doivent être cohérents avec la politique environnementale et comporter l’engagement de protection de la pollution.

• Désigner dans le programme de management environnemental les responsables pour chaque fonction ainsi que les moyens et le calendrier de réalisation.

Mise en œuvre et fonctionnement

• Les rôles, les responsabilités et les autorités sont précisés, documentés et

communiqués. Les ressources humaines, technologiques et financières sont à fournir par la direction.
• La compétence nécessaire doit être acquise : identification des besoins en formation, sensibilisation aux composantes du système de management environnemental.
• Les procédures de communication interne et externe sont établies et garanties.
• L'information nécessaire doit être établie et actualisée. La maîtrise de la documentation est requise par la norme — mise en place des procédures pour localiser, examiner, réviser, valider, mettre à disposition et actualiser, identifier, archiver.
• Les procédures de prévention des situations d'urgence et la capacité de réagir sont à établir et à mettre à jour régulièrement (identification des accidents potentiels) .

Contrôles et actions correctives

• La surveillance et le mesurage : procédures, équipement de mesures, vérification périodique de la conformité à la réglementation et à la législation environnementale applicable.
• Les responsabilités et l'autorité concernant la non-conformité (action corrective et action préventive) sont à établir et à actualiser.
• La direction doit établir et maintenir une procédure pour la réalisation périodique d'audits de systèmes de management environnemental afin de vérifier sa conformité, sa mise en œuvre et son maintien.

La revue de direction

La direction doit, selon une périodicité qu'elle détermine, passer en revue le système de management environnemental pour s'assurer qu'il est toujours approprié, suffisant et efficace (revue documentée).

Règlement européen Éco-audit

L'objectif est l'adhésion volontaire des organisations pour l'évaluation et l'amélioration du respect de l'environnement et pour l'information du public (utilisation d'un logo pour la communication). L'organisme chargé de la certification Éco-audit :
– réalise une analyse environnementale du site ;
– établit et met en œuvre une politique environnementale, des programmes environnementaux spécifiques, un système de management environnemental ;
– procède à des audits réguliers ;

– établit annuellement une déclaration environnementale contrôlée par un vérificateur accrédité (Cofrac) qu’elle communique à l’organisme compétent et au public.

Certification de bonnes pratiques agricoles

Eurepgap est une certification, imposée à l'origine par les enseignes hollandaises, belges et britanniques. Elle fixe la norme minimale acceptable par la distribution en Europe et devient le référentiel international de la production agricole de fruits et légumes.

Origine d'Eurepgap

Ce référentiel des bonnes pratiques agricoles (BPA ou Gap, *good agricultural practices*) pour les exploitations agricoles a été créé en 1997 à l'initiative des responsables de la grande distribution, membres d'Euro-retailer Produce Working Group (Eurep). La plupart des membres d'Eurepgap sont des acteurs de la vente qui veulent avoir un référentiel unique quelle que soit la provenance des produits, afin de satisfaire la demande de traçabilité des consommateurs. C'est une tentative intéressante d'associer consommateurs, acteurs de la vente et producteurs. Les membres d'Eurepgap se sont regroupés sous l'entité agréée Foodplus gmbh. La participation est volontaire. En 2004, ce concept prend de l'importance, surtout dans la grande et moyenne distribution. On peut penser que cette certification deviendra rapidement essentielle pour la vente des bananes dans les grandes et moyennes surfaces.

Principes

Il s'agit de répondre aux préoccupations des consommateurs en matière de sécurité alimentaire, de protection de l'environnement et d'amélioration des conditions de travail.

Eurepgap repose sur cinq principes.

• Encourager la mise en place de systèmes de production agricoles sûrs, économiquement viables, promouvant l'utilisation minimale des produits chimiques.

• Développer la notion de « bonnes pratiques agricoles ».

• Fournir les moyens d'améliorer le système en continu.

• Mettre en place et développer un moyen de vérification indépendant reconnu de tous.

• Communiquer et échanger avec les consommateurs, les partenaires essentiels, les producteurs, les exportateurs et importateurs.

Eurepgap est un programme mondial, référentiel de bonnes pratiques agricoles. Ce programme couvre l'ensemble du processus de production agricole du produit certifié, du moment précédant la plantation dans le sol

(contrôles de la graine ou du jeune plant) jusqu'au produit fini non élaboré (contrôles de la manutention du produit). Il ne s'agit pas d'un label, mais d'une certification exigée par des enseignes commerciales, lesquelles peuvent y faire référence dans leur communication aux consommateurs.

Objectifs

Il s'agit de certifier la filière entière, donc le produit. Le consommateur s'intéressant surtout à la qualité du produit final, il convient d'intégrer à l'étape de production agricole les phases de conditionnement et d'emballage.
De plus, il faut certifier les produits par rapport à la sécurité alimentaire, à la protection de l'environnement, des hommes et le cas échéant des animaux.

Sécurité alimentaire

Le référentiel s'appuie sur des critères dérivés de l'analyse HACCP (*hazard analysis critical control* points : analyse des dangers, des points critiques et de leur maîtrise). Il s'agit de réduire ces risques à tous les stades de la filière.

Protection de l'environnement

Le référentiel englobe les bonnes pratiques agricoles visant à protéger l'environnement, à minimiser les effets négatifs de la production agricole. C'est un moyen d'intégrer des pratiques de lutte intégrée (IPM, *Integrated pest management*) et de gestion intégrée des cultures (ICM, *Integrated crop management*) dans le cadre de la production agricole à but commercial.

Protection sociale, sécurité et santé des ouvriers

Le référentiel proposé établit une évaluation globale de ces critères. Il ne peut se substituer à des audits approfondis de la responsabilité sociale de l'entreprise.

Certification

Il s'agit d'une certification de produits. Eurepgap prévoit les référentiels et le cadre régissant la certification reconnue et indépendante des processus de production d'une exploitation par un organisme tiers sur la base Iso 65 et EN 45011. La certification (fig. 1) du processus garantit que seuls sont certifiés les produits qui atteignent un des niveaux de conformité aux bonnes pratiques agricoles spécifiés dans les documents. L'agrément Eurepgap peut être accordé à des producteurs individuels ou à des organisations professionnelles.

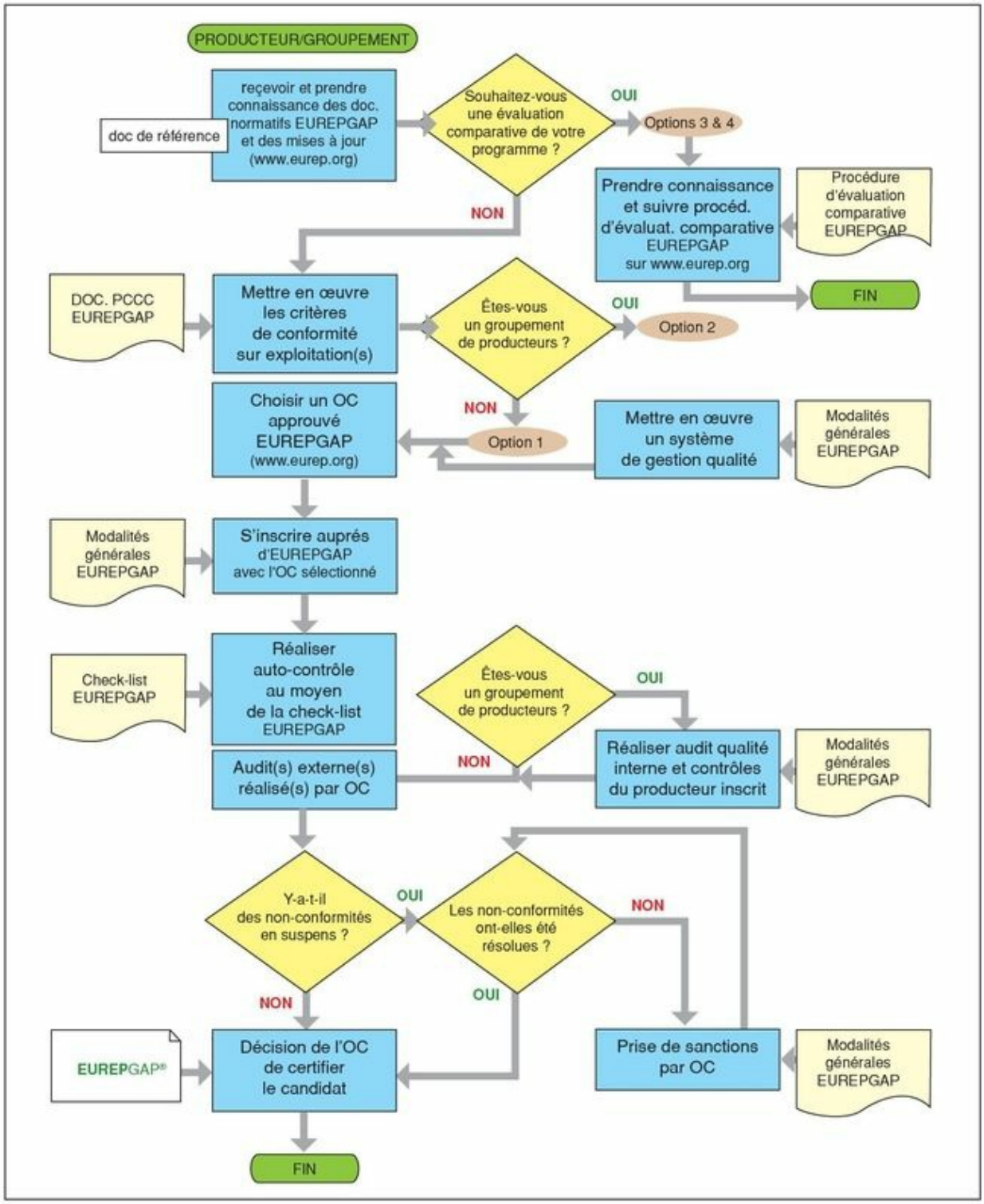

PRODUCTEUR/GROUPEMENT
reçevoir et prendre connaissance des doc. normatifs EUREPGAP et des mises à jour (www.eurep.org)
doc de référence
Souhaitez-vous une évaluation comparative de votre programme ?
OUI
Options 3 & 4
NON
Prendre connaissance et suivre procéd. d'évaluat. comparative EUREPGAP sur www.eurep.org
Procédure d'évaluation comparative EUREPGAP
FIN
DOC. PCCC EUREPGAP
Mettre en œuvre les critères de conformité sur exploitation(s)
Êtes-vous un groupement de producteurs ?
OUI
Option 2
NON
Choisir un OC approuvé EUREPGAP (www.eurep.org)
Option 1
Mettre en œuvre un système de gestion qualité
Modalités générales EUREPGAP
Modalités générales EUREPGAP
S'inscrire auprés d'EUREPGAP avec l'OC sélectionné
Check-list EUREPGAP
Réaliser auto-contrôle au moyen de la check-list EUREPGAP
Êtes-vous un groupement de producteurs ?
OUI
Réaliser audit qualité interne et contrôles du producteur inscrit
Modalités générales EUREPGAP
NON
Audit(s) externe(s) réalisé(s) par OC
Y-a-t-il des non-conformités en suspens ?
OUI
Les non-conformités ont-elles été résolues ?
NON
OUI
NON
EUREPGAP®
Décision de l'OC de certifier le candidat
Prise de sanctions par OC
Modalités générales EUREPGAP
FIN

Figure 1. Schéma de la procédure de certification Eurepgap pour un producteur (cahier des charges Eurepgap).

Option de certification individuelle

• Autocontrôles internes du producteur sur la base de la liste de vérification

(check-list), au moins une fois par an, sous la responsabilité du producteur.
• Vérification externe par l'organisme certificateur approuvé : un contrôle par an au minimum.

Option de certification de groupements

• Système de contrôle et de gestion interne. Un système qualité comprenant un manuel de procédures écrites et de contrôles doit être en place, garantissant que les contrôles internes sont effectués et que la traçabilité est complète. Un contrat est passé avec chacun des producteurs, au minimum pour un an, avec audit interne et vérification de chaque producteur au moins une fois par an.
• Autocontrôle interne du producteur sur la base de la check-list.
• Contrôle interne du groupement de producteurs : identique pour tous les producteurs, mais par une personne qualifiée du groupement.
• Vérification externe par un organisme de contrôle approuvé par Eurep : un contrôle par an au minimum.

Référentiel pour les fruits et légumes

Domaines d'application

Le référentiel pour les fruits et les légumes a été rédigé par des représentants intervenant à chacun des stades du secteur des fruits et légumes. Il couvre l'ensemble du processus de production agricole du produit certifié, du moment précédant la plantation dans le sol (points de contrôle de la graine ou du jeune plant) jusqu'au produit fini non élaboré (points de contrôle de la manutention du produit).
Le référentiel comporte plusieurs domaines avec des exigences majeures, des exigences mineures et des recommandations. Il est disponible sur le site www.eurep.org.

Exigences majeures

• La traçabilité. Tous les produits doivent pouvoir être suivis depuis l'exploitation où ils ont été obtenus.
• Les organismes génétiquement modifiés (OGM). Toute culture issue d'organismes génétiquement modifiés doit être conforme au cadre législatif en vigueur dans le pays de production et dans le pays du client final.
• L'historique et la gestion du site. Un système d'enregistrement pour chaque champ, pour tous les sites nouveaux, et une évaluation des risques sont réalisés en tenant compte du passé et des cultures avoisinantes.
• Le stockage des engrais. Pas dans le même endroit que les fruits et légumes frais.

• Les engrais organiques. L’utilisation d’eaux usées non traitées est prohibée.
• La qualité de l’eau d’irrigation. Jamais d’eaux usées non traitées.
• Le choix des produits chimiques. Les produits phytosanitaires doivent être appropriés à la lutte requise (produits homologués). Les recommandations pour l’application des pesticides doivent être données par des conseillers compétents et qualifiés officiellement reconnus, ou équivalents. Toutes les applications doivent être enregistrées : ouvriers équipés de vêtements appropriés de protection, délais avant récolte respectés. Producteurs et fournisseurs doivent être en mesure de prouver que des analyses de résidus sont réalisées.
• Les traitements postrécolte. En conformité avec l’homologation dans le pays, à la dose recommandée et enregistrement.
• Le lavage postrécolte. L’eau doit être potable. Elle doit être traitée en cas de recyclage.

Signes d’identification et origine des produits

L’évolution du comportement des consommateurs est liée à la complexité croissante des filières de production agroalimentaires ainsi qu’aux inquiétudes suscitées par certaines crises. Des produits plus authentiques, ayant plus de goût et élaborés selon un savoir-faire de type traditionnel, ont donc été recherchés. De plus, la saturation du marché européen en produits agroalimentaires a fortement contribué au développement, tant national que communautaire, d’une politique en faveur d’une identification des produits agricoles et alimentaires.

Des outils volontaires d’identification ont été mis en place pour garantir la qualité et l’origine des produits, assurer une concurrence loyale, créer de la valeur ajoutée et permettre aux consommateurs de distinguer les produits bénéficiant de qualités particulières et spécifiques.

Ces évolutions — agriculture raisonnée, agriculture biologique, commerce équitable, protection de l’environnement, qualité de la banane — ne sont pas spécifiques à l’Europe. Des normes voisines sont développées en Amérique centrale et en Amérique du Sud, notamment San et SA8000.

Signes officiels français et européens

L’agriculture biologique et l’agriculture raisonnée ont été abordées précédemment. Les identifications ont en commun :

– l’engagement volontaire des producteurs ou des entreprises, voire de filières entières, en faveur d’une démarche tournée vers la qualité ;

– le respect d’un cahier des charges qui a été discuté entre les producteurs et les instances compétentes. Ce cahier est tenu à la disposition du public ;

– le contrôle du respect de ce cahier des charges par des organismes indépendants, compétents et supervisés par les pouvoirs publics ;

– l’identification de ces produits par le consommateur au moyen d’une mention ou d’un logo spécifique.

Appellation d’origine protégée, AOP

C’est l’équivalent européen de l’appellation d’origine contrôlée (AOC) française. Elle identifie un produit dont les qualités résultent des caractéristiques d’un terroir et d’un savoir-faire.

Indication géographique protégée, IGP

Adoptée dans toute l’Union européenne, l’indication géographique protégée

(IGP) désigne un produit originaire d'une région et dont une qualité déterminée peut être attribuée à cette origine. En France, elle est liée à l'appellation « Label rouge » qui garantit au produit une qualité supérieure à celle du produit courant, et à la certification de conformité qui garantit des caractéristiques du produit ou des règles de fabrication spécifiques objectives.
L'IGP est réservée à des produits agricoles originaires d'une région ou d'un lieu déterminé dont une qualité déterminée (la réputation ou une autre caractéristique) peut être attribuée à cette origine géographique et dont la production ou la transformation ou l'élaboration ont lieu dans l'aire géographique délimitée. Pour bénéficier de l'IGP, il faut obtenir un certificat de conformité ou le Label rouge, apporter les éléments justifiant le lien avec le milieu ou l'origine géographique, apporter les éléments prouvant que le produit est originaire de l'aire géographique (réputation).
Contrairement à l'AOC, il n'est pas nécessaire que toutes les étapes de production et de fabrication du produit aient lieu sur l'aire géographique. Lors de la demande de Label rouge, il faut apporter la preuve de la qualité supérieure du produit, notamment par des analyses sensorielles et des tests hédoniques. De même pour le certificat de conformité, la demande repose sur des critères objectifs, mesurables, contrôlables et significatifs pour le consommateur.

Spécialités traditionnelles garanties, STG

Les spécialités traditionnelles (STG) mettent en valeur une composition traditionnelle d'un produit ou un mode de production traditionnel. La dénomination « montagne » en est une.
La dénomination « montagne » peut être revendiquée si les étapes de la production, de l'élaboration et du conditionnement du produit ont lieu en zone de montagne. Il n'est pas nécessaire de prouver l'existence d'un lien entre le produit et la zone de montagne. Cependant, la mise en évidence de ce lien consolide la légitimité de l'appellation.

Appellation d'origine contrôlée, AOC

L'appellation d'origine contrôlée (AOC) est le plus ancien et le plus prestigieux des signes français de qualité. L'AOC est la dénomination géographique d'un pays, d'une région ou d'une localité servant à désigner un produit qui en est originaire et dont la qualité ou les caractères sont dus exclusivement ou essentiellement au milieu géographique, comprenant :
– des facteurs naturels, à savoir une zone géographique bien circonscrite, avec ses caractéristiques géologiques, agronomiques, climatiques ;

– des facteurs humains tels que le savoir-faire qui s'est imposé aux hommes et que les hommes s'imposent pour en tirer le meilleur parti.
L'AOC implique un lien étroit entre le produit, le terroir et le talent de l'homme, avec l'idée de prééminence du terroir, du sol et la notion de non-reproductibilité dans un autre terroir. Pour être reconnu en AOC, le produit — unique et fruit d'une expérience ancestrale — doit provenir d'une aire de production délimitée, répondre à des conditions de production précises, posséder une notoriété dûment établie et acquise de longue date (c'est cette notoriété que l'appellation vise à protéger), faire l'objet d'une procédure d'agrément à la demande des producteurs.
Excluant les excès du productivisme, cette démarche rejoint aujourd'hui les préoccupations de valorisation des ressources sur l'ensemble du territoire, de respect de l'environnement et de développement économique durable.

Processus d'obtention des signes de qualité

En France

La figure 1 schématise la procédure qui, au départ, est toujours une démarche volontariste des producteurs.
Le cahier des charges est négocié entre les producteurs et les instances de certification : l'Institut national des appellations d'origine (Inao) pour les AOC, les organismes certificateurs agréés pour les autres. Il est ensuite approuvé par les ministères de l'Agriculture et de la Consommation.

Autres certifications

Pour l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, les deux certifications les plus importantes sont San et SAI.

Réseau de l'agriculture durable, San

Le réseau San (Sustainable agriculture network) est un groupement d'organisations non gouvernementales (ONG) écologistes américaines. La principale et la plus connue est Rainforest Alliance, ONG internationale de sauvegarde de la nature localisée aux États-Unis. Sa mission est la protection des écosystèmes (population, faune et flore naturelles).
En 2003, les labels San, Better banana project et Eco-OK ont été remplacés par un nouveau label, Rainforest Alliance Certified.
Les normes San interdisent le déboisement des forêts primaires et comportent des prescriptions pour la gestion des sols et des eaux, la conservation des zones tampons, l'utilisation de pesticides, la lutte intégrée contre les parasites et la gestion des déchets.

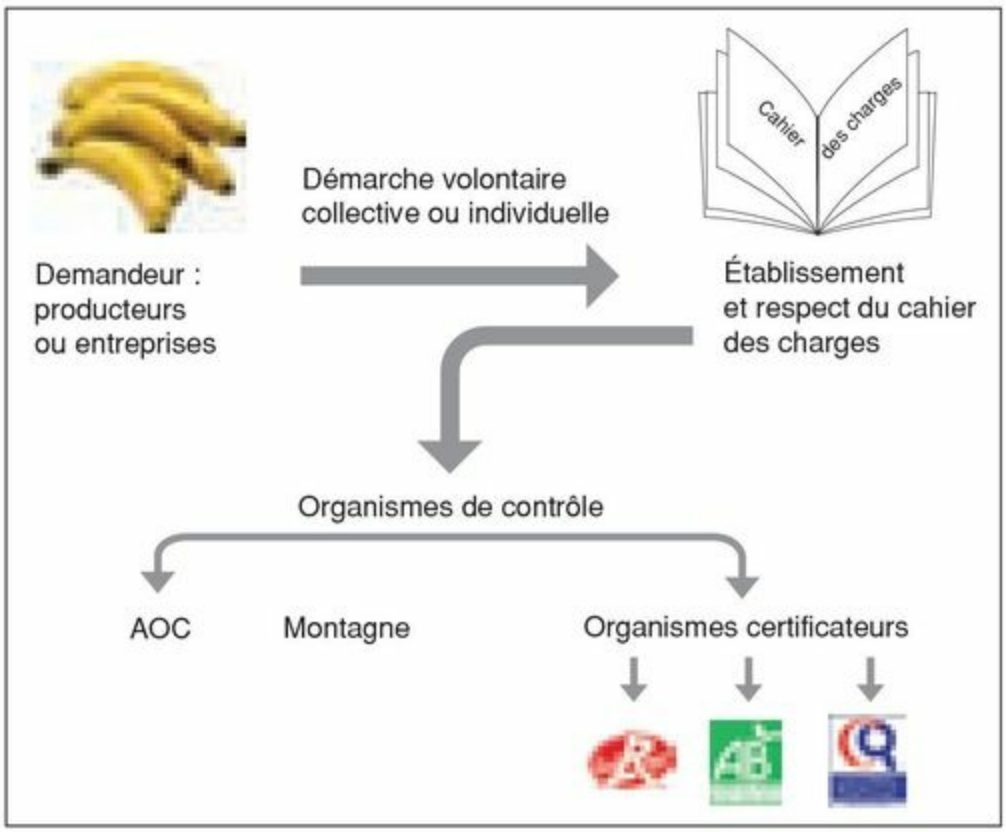


Figure 1. Procédure d'obtention des signes de qualité, en France (Cirad).

En outre, tout un volet sociopolitique est développé. Les entreprises certifiées San se doivent de respecter les conventions de l'Organisation internationale du travail (OIT) ratifiées par le pays dans lequel elles opèrent. Des engagements en matière de politique sociale sont exigés : concertation avec le personnel, contrats et salaires, conditions de travail, absence de discrimination. Le travail des enfants de moins de 14 ans ainsi que le travail forcé sont interdits. C'est l'aspect le plus novateur dans ce milieu des plantations bananières où les droits de l'homme ont été peu respectés.

On peut citer encore : la liberté d'expression et le droit d'organisation et de négociations collectives ; l'hygiène et la sécurité sur les lieux de travail ; la limitation du temps de travail ; la formation ; le logement des travailleurs ; les liens avec les communautés locales.

Jusqu'à présent, selon la FAO, les labels ont rarement été apposés sur le produit. Toutes les plantations de Chiquita (dans divers pays du continent américain) et de ReybanPac (en Équateur) ont été certifiées conformes à la norme San.

Norme SA8000, SAI

La norme SA8000 concerne la responsabilité sociale (Social Accountability).

Elle a été élaborée en 1998 par Social Accountability International (SAI), une ONG fondée à New York dont le conseil d'administration est composé d'experts des syndicats, des milieux d'affaires et des ONG.
La norme prévoit le respect des principales conventions de l'OIT, notamment celles qui sont afférentes à l'interdiction du travail des enfants ou du travail forcé, à la garantie de la sécurité et de l'hygiène sur les lieux de travail, au droit d'organisation et de négociation collective.
Elle comprend également des critères relatifs au temps de travail, aux salaires, à l'absence de discrimination et à la mise en place d'un système de gestion sociale.
Selon la FAO, SAI accrédite des organismes indépendants de certification chargés de contrôler les installations de production. Les préposés aux contrôles doivent également être accrédités. La norme SAI-SA8000 n'est pas mentionnée sur les produits. Les compagnies qui s'approvisionnent en quantités importantes auprès de fournisseurs sous contrat peuvent adhérer au programme de membre signataire. Ce programme prévoit que la compagnie prenne les mesures nécessaires pour que ses propres installations et celles de ses fournisseurs obtiennent la certification dans le temps imparti, et rendent compte des progrès réalisés.
L'application de cette norme au secteur agricole a été décidée par SAI en 2000. La compagnie multinationale Dole compte au nombre des membres signataires. À ce jour, les deux principales multinationales bananières (Dole et Chiquita) ont été certifiées SA8000.

Partie III
Parasites et ravageurs

Généralités sur les parasites et les ravageurs

Depuis une quinzaine d'années, les travaux de recherche sur les parasites et les ravageurs ont été guidés par la nécessité de maîtriser tant leur extension géographique que leur incidence directe sur la culture de la banane. Les innovations ont été stimulées par l'obligation de satisfaire aux normes de qualité des marchés d'exportation, aux normes phytosanitaires et, de plus en plus, aux exigences de protection de l'environnement. On ne peut plus concevoir la protection phytosanitaire uniquement sous le seul aspect de la lutte chimique. L'ensemble du système de culture et de l'itinéraire technique est à adapter à ces contraintes parfaitement justifiées. Le volet de création variétale prend dans ce contexte une importance essentielle, mais il s'agit d'une action de longue haleine.

Quelques définitions

• Maladie : ensemble des troubles physiques et physiologiques et des anomalies structurales induites par un agent extérieur. Ces troubles ou ces symptômes peuvent être localisés ou généralisés. On distingue les maladies au sens large qui incluent les désordres physiologiques dus aux conditions de milieu, des maladies au sens strict provoquées par un agent pathogène.

• Ravageur : animal phytophage, parasite de plantes cultivées. Au sens large, cette définition inclut tous les taxons (groupes animaux). Au sens strict, elle se limite aux insectes et, accessoirement, aux acariens (araignées rouges…) et myriapodes (symphyles, iules…).

• Technique de lutte : ensemble de procédés employés pour protéger la plante en luttant contre ses ennemis. Elle comprend des processus aussi bien chimiques que physiques, biologiques ou agronomiques.

• Stratégie de lutte : ensemble d'actions coordonnées mettant en œuvre une ou plusieurs techniques pour atteindre l'objectif, selon un plan prévu à l'avance et dans des conditions déterminées.

Pourquoi lutter contre les parasites et les ravageurs ?

Les parasites et les ravageurs peuvent diminuer les rendements par leur action sur la croissance, sur le nombre de plants productifs ou sur la qualité des fruits, voire rendre impropre à la consommation une partie ou la totalité de la récolte. Ils peuvent même interdire la culture d'une variété ou d'une espèce végétale dans une région donnée. Ainsi, la fusariose due à *Fusarium oxysporum cubense* a entraîné l'abandon de la variété Gros Michel dans les plantations industrielles de nombreux pays.

Les dégâts occasionnés par les parasites et les ravageurs peuvent être :
– directs, par la destruction de cellules de l'hôte pour nourrir le parasite. Ils se présentent alors sous forme de déformations, nécroses, taches, pourritures et peuvent entraîner nanisme ou chute de plants (fig. 1) ;
– indirects, par l'intermédiaire de substances émises soit par le parasite, soit par le végétal en réaction à son attaque.
Ces symptômes peuvent être spécifiques ou non spécifiques.

Figure 1. Perte de densité liée aux chutes de bananiers dues aux charançons et aux nématodes (Cirad).

Techniques de détection et d'observation

Pour démontrer le lien entre la maladie ou les dégâts observés et un parasite, les postulats de Koch doivent être vérifiés :
– le parasite doit être systématiquement associé à l'expression des symptômes ;
– il peut être isolé à la périphérie du développement du mycélium ;
– une culture pure de pathogène provoque l'apparition de symptômes sur un plant sain après inoculation ;
– le pathogène doit pouvoir être isolé de nouveau à partir de plants inoculés.
Les observations peuvent être directes (ravageur en place) ou faire appel à des manipulations complémentaires : observation après traitement de l'échantillon par exemple après coloration (fig. 2) ; test sérologique, utilisé notamment pour les maladies de type virus ; test moléculaire, utilisé pour déterminer des espèces morphologiquement proches (*Meloidogyne* spp. par

exemple) ou pour caractériser des souches de même espèce.

Figure 2. Observation indirecte de *Pratylenchus coffea*, après coloration à la fuschine (Cirad).

Parasites et ravageurs du bananier : symptômes, techniques de lutte

Il existe une diversité importante de parasites du bananier dans le monde. Il est nécessaire de les connaître si l'on veut éviter le transfert de ces maladies et ravageurs d'un pays à un autre.

Maladies

Maladies fongiques

Très répandues, les maladies fongiques les plus néfastes dans les plantations de bananiers sont actuellement les cercosporioses.

Cercosporioses

Mycosphaerella musicola, cercosporiose jaune (maladie de Sigatoka), et *Mycosphaerella fijiensis*, maladie des raies noires (cercosporiose noire), sont les plus importantes.

À signaler : les maladies foliaires liées à *Mycosphaerella musae (Speckle)* et à *Mycosphaerella eumusae* (*Eumusa leaf spot disease* = ELSD), voisine de la cercosporiose noire, MRN.

Fusarioses

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* Snyder & Hansen (maladie de Panama, FOC)

Cette maladie a entraîné la disparition des plantations du cultivar Gros Michel entre 1935 et 1965. Il y a un risque de développement de races de FOC attaquant les Cavendish et d'autres cultivars locaux. Seule l'utilisation de variétés tolérantes est possible, les variétés sensibles (comme Gros Michel) ne peuvent être cultivées qu'à très petite échelle.

Les *Fusarium* sont aussi responsables de pourritures diverses sur la hampe, les couronnes et les mains.

Cladosporiose

Cladosporium musae (cladosporiose, *speckle*)

Plus fréquente en premier cycle et dans les secteurs très humides, elle est rarement néfaste à la production.

Pourriture des racines

Cylindrocladium sp.

Ce champignon se développe sur la surface des tiges souterraines et, surtout, sur les racines. Son importance n'est pas négligeable, mais les moyens de contrôle sont peu développés.

Anthracnoses

Colletotrichum musae (anthracnose)

Elle provoque le chancre sur les fruits en postrécolte.

À signaler aussi, d'autres champignons associés aux pourritures de la couronne : *Fusarium palidoroseum* et *F. monoliforme, Verticilium theobromae, Cephalosporium* sp.

Maladie du bout de cigare

Trachysphaera fructigena

Ce champignon se développe sur fruits essentiellement en altitude (400 m et plus). Les symptômes rappellent la cendre d'un cigare (fig. 1), les fruits sont impropres à la commercialisation. La technique traditionnelle de lutte est de retarder le soulèvement des bractées de l'inflorescence ou de faire un gainage très précoce au stade tête de cheval.

À signaler : un champignon voisin, *Verticillium theobromae.*

Maladies bactériennes

Maladie de Moko

Bien qu'assez peu répandue actuellement sur bananes dessert, la maladie de Moko présente des risques de propagation à ne pas négliger.

Il s'agit d'un flétrissement vasculaire dû à *Ralstonia solanacearum* Smith, qui a conduit à l'élimination du cultivar Bluggoe (ABB) dans de nombreuses régions. La transmission se ferait par des insectes volants, entre autres vecteurs. Des recherches sont engagées pour mieux cerner la variabilité et la pathogénicité. D'autres maladies sont en effet attribuées à *Ralstonia solanacearum :* maladie du sang du bananier (contamination à partir des inflorescences), maladie de Bugtok du bananier sur fruits aux Philippines.

Flétrissement bactérien de l'Ensete

Xanthomonas campestris pv. *Musacearum*

Il s'est récemment étendu à d'autres cultivars et dans d'autres régions.

Pourritures de la tige souterraine

Causées par *Erwinia* spp. (fig. 2) et très largement répandues, elles ne présentent pas d'incidence majeure. Un bon assainissement du sol et l'utilisation de matériel végétal sain suffisent.

Figure 1. Maladie du bout de cigare (Cirad).

Figure 2. Fanaison des feuilles liée à la pourriture du bulbe due à *Erwinia* sp. (Cirad).

Maladies virales

Les maladies virales sont toujours des infections généralisées de la plante, excepté les méristèmes. Elles sont transmissibles par le matériel végétal, et en particulier au cours de la multiplication in vitro, si des précautions draconiennes ne sont pas mises en œuvre. Les laboratoires fournissant des vitroplants doivent respecter une procédure lourde d'indexation (reconnaissance des virus).

Cependant, la transmission peut se faire aisément au champ à partir d'hôtes réservoirs et d'agents vecteurs. Tout plant atteint dans les plantations devrait être détruit, y compris les rejets.

Mosaïque en plage

La mosaïque en plage provoquée par *cucumber mosaic virus* (ou *cucumovirus*, CMV) est largement répandue (fig. 3 et 4), surtout en zone très humide et plutôt fraîche. Sa transmission se fait essentiellement dans le mois suivant la plantation de vitroplants. Les plantes hôtes sont les cucurbitacées, mais aussi des commélinacées. La transmission se fait par des pucerons, en particulier *Pentalonia nigronervosa* et *Aphis gossypii.*

La lutte est préventive. En curatif, il faut détruire la plante atteinte. Elle consiste à ne pas laisser se développer de plantes hôtes réservoirs et de vecteurs. Dans les régions sensibles, il faut planter des vitroplants de plus grande taille en leur coupant les feuilles les plus basses.

Figure 3. Mosaïque en plage (Cirad).

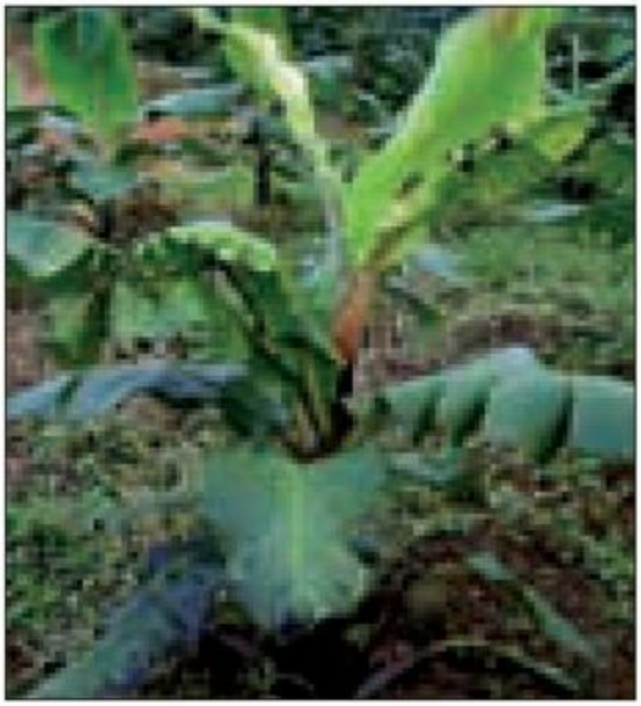


Figure 4. Observation visuelle sur le terrain : symptômes de mosaïque en plage (CMV) (Cirad).

Mosaïque en tirets

Le virus de la mosaïque en tirets (*banana streak virus*, badnavirus, BSV) serait transmis par les cochenilles de type *Planococcus citri* ou *Sacchararicoccus sacchari.* C'est une virose largement diffusée dans le monde. Son virus peut être « intégré » au génome du bananier.

Bunchy top

Bunchy top (*banana bunchy top virus*, BBTV) est un virus encore limité dans sa distribution géographique, mais dont les conséquences sont très graves sur la production.

Mosaïque des bractées

La mosaïque des bractées provoquée par le virus *banana bract mosaic* (potyvirus, BBrMV) est de bien moindre importance.

Ravageurs

Le charançon noir, *Cosmopolites sordidus,* est le ravageur d'importance mondiale du bananier. Compte tenu de la sensibilité de très nombreuses variétés et des difficultés de lutte chimique ou culturale, on peut estimer qu'actuellement c'est l'ennemi numéro un du bananier.

Les nématodes sont aussi des parasites très disséminés, mais des moyens de lutte culturale existent et sont de plus en plus utilisés.

Nématodes

Le principal reste toujours *Radopholus similis*, suivi de *Pratylenchus coffae* et de *Pratylenchus goodeyi*. Signalons quelques nématodes moins virulents ou moins disséminés : *Helicotylenchus multicinctus, Hoplolaimus pararobustus, Meloidogynes.*

Charançons

Le plus connu est *Cosmopolites sordidus*. Il existe aussi le charançon du pseudotronc du bananier *Odoiporus longicicollis,* connu surtout en Asie.

Thrips

Ce sont essentiellement des parasites des régimes.

Signalons : *Chaetanaphothrips orchidii* (Moulton), rouille interdigitale ; *Hercinothrips femoralis* (Reuter) et *Elixothrips brevisetis* (Bagnall), rouille argentée ; *Frankliniella parvula* Hood, thrips de la fleur. Le gainage précoce au stade tête de cheval est la meilleure parade.

Autres parasites des régimes

Cochenilles

Certaines cochenilles entraînent sur leur miellat la formation de fumagine et la pullulation de pucerons. Ces parasites sont de plus en plus répandus dans les bananeraies anciennement fortement traitées (insuffisance de prédateurs naturels).

Araignées rouges

Tetranychus tumidus et *Tetranychus gloverii* sont présents sur le feuillage. Leur population est normalement bien limitée par de nombreux prédateurs (coccinelles des genres *Stethorus, Phytoseides,* staphylins…). Leur pullulation est souvent la conséquence d'une mauvaise utilisation des insecticides qui détruisent mal les araignées rouges mais fort bien les auxiliaires.

Chenilles

Les dégâts sur le feuillage et sur les fruits sont la plupart du temps faibles. Compte tenu des prédateurs naturels, il faut éviter de traiter chimiquement. Deux groupes peuvent être signalés : les chenilles urticantes, *Teinoryncha umbra ;* les chenilles défoliatrices, *Plusia chalcites*.

Divers ravageurs

Sont signalés les hannetons, qui détruisent les petits bulbes des vitroplants juste plantés (fig. 5), *Ligyrus cuniculus* et *Ligyrus ebenus,* appelés escarbots en Martinique. Un traitement répulsif est parfois nécessaire à la plantation.

Sont présents aussi les escargots, *Achatina fulica* (fig. 6), les rats, les oiseaux,

les chiens, les moutons, etc.

Figure 5. Dégâts d'escarbots, *Ligyrus* sp. (Cirad).

Figure 6. Escargot, *Achatina* sp. (Cirad).

Principales techniques de lutte

En bananeraies intensives, le système de culture dominant a longtemps reposé sur une large utilisation des produits phytosanitaires. Au début des années 90, les bananeraies recevaient des quantités très élevées de matières

actives : 10 à 12 kilos par hectare et par an d'insecticides et de nématicides, presque tous très toxiques, environ 4 à 6 kilos d'herbicides et 3 à 4 kilos de fongicides. La faune des bananeraies était alors très pauvre. Mais les problèmes parasitaires n'étaient pas résolus pour autant.

Aucun produit phytosanitaire n'a jamais été disponible contre certains parasites. Parmi ceux-ci, de nombreuses maladies concernent le bananier : fusarioses (maladie de Panama) ; bactérioses (maladie de Moko) ; viroses (mosaïques en plage ou en tirets, bunchy top, etc.).

Inconvénients de la lutte chimique

Toxicité des produits

L'ingestion, l'inhalation, le contact avec la peau entraînent des risques pour le personnel susceptible d'être en contact avec les pesticides. Des règles strictes d'hygiène et de sécurité doivent être appliquées et le personnel exposé doit être correctement formé.

Les principaux produits nématicides présentent les caractéristiques d'une toxicité aiguë. La toxicité chronique de certains produits n'est pas négligeable non plus.

Accumulation de résidus dans les fruits

Ces risques sont de plus en plus mal acceptés par les consommateurs. Les produits incriminés sont condamnés à disparaître ; en particulier les produits systémiques comme l'aldicarbe.

Destruction d'organismes non-cibles

C'est le cas notamment d'organismes utiles, comme les insectes pollinisateurs, la faune d'auxiliaires, des prédateurs ou parasitoïdes de nuisibles. Par exemple, le prédateur du thrips le plus couramment rencontré dans les bananeraies martiniquaises, *Elixothrips brevisetis*, responsable de la rouille argentée, est lui-même un thrips : *Franklinothrips vespiformis*. Celui-ci est sensible aux mêmes insecticides que les thrips de la rouille. En outre, ces organismes utiles peuvent être intoxiqués en consommant des cadavres d'insectes tués par l'insecticide.

L'utilisation sans discernement d'un insecticide contre un ravageur peut même entraîner la pullulation d'un autre. Ainsi, les populations de *Tetranychus* sp. sont naturellement réduites par de nombreux prédateurs : coccinelles (*Stethorus* spp.), staphylins, acariens prédateurs *(Phytoseiide).* Vivant sur les faces inférieures des feuilles, *Tetranychus* sp. est difficile à toucher avec un insecticide utilisé contre les thrips, peu efficace sur les acariens mais très toxique pour les coléoptères prédateurs. L'utilisation des

insecticides peut ainsi être responsable d'importants dégâts d'acariens.

Risque de pollution des eaux

Les travaux sur les risques de pollution ont montré que la plupart des produits utilisés peuvent contaminer les eaux. Les ressources en eau destinées à l'alimentation humaine peuvent donc être polluées. Dans le cas de l'aldicarbe, les exportations par les eaux de drainage peuvent représenter plus du quart des apports de produit.

Évolution des produits

Perte d'efficacité des pesticides

Elle peut être liée :

– à l'acquisition d'une résistance, comme pour le bénomyl. Son usage intensif a entraîné la sélection de souches de champignon résistantes ;

– à l'apparition d'une biodégradation accélérée provoquée par l'usage trop répété d'un même produit. Cet excès a entraîné la sélection d'une microflore capable de détruire la matière active (cas du Fénamifos-Némacur®). Ce phénomène est apparu dès le début des années 80.

Retrait du marché de nombreux insecticides

Le retrait du marché de nombreux insecticides est en cours dans le cadre de la mise en application de la directive 91/14/CEE. Un grand nombre de matières actives sont retirées. Au fur et à mesure des réexamens, d'autres substances actives risquent d'être rejetées. Pour certains couples parasite-culture, il n'y aura plus de produits disponibles. C'est déjà le cas aujourd'hui pour les symphiles et les cochenilles de l'ananas.

Homologation de nouvelles matières actives

En parallèle, l'homologation sera soumise à des critères beaucoup plus stricts. Ainsi, tout nouveau produit fait l'objet d'un suivi post-autorisation provisoire de vente pour évaluer les risques de pollution de l'environnement et l'absence d'effet néfaste pour le milieu et les organismes non-cibles.

Ces évolutions paraissent aujourd'hui irréversibles. Elles sont liées, d'une part, à un refus croissant des risques pour l'alimentation, d'autre part, à une prise de conscience des dangers des pesticides pour l'environnement, problèmes amplifiés par les pratiques abusives antérieures.

Techniques alternatives

Pour toutes les raisons précédentes, il est indispensable de mettre en œuvre d'autres techniques de lutte. Le choix des techniques alternatives dépend des connaissances acquises sur la biologie du parasite visé. En les combinant, il est possible d'établir une stratégie de lutte efficace qui limite et optimise

l’utilisation des pesticides (lutte intégrée) ou même qui évite de les utiliser.

Mesures prophylactiques

La destruction des parties lésées permet de limiter la progression de la maladie. La coupe partielle ou totale des feuilles présentant des symptômes de cercosporiose en est un bon exemple et permet de réduire le nombre de traitements fongicides.

De même, pour prévenir la propagation de maladies à virus telles que les mosaïques (CMV ou BSV), il faut détruire les bananiers contaminés ainsi que les adventices, réservoirs à virus, essentiellement *Commelina diffusa* pour le CMV.

Mesures mécaniques

Les gaines plastiques sur les régimes empêchent de nombreux insectes d’accéder aux fruits et les protègent ainsi de certains ravageurs. Posées précocement, au stade tête de cheval, juste avant l’ouverture des bractées, elles constituent un moyen de protection efficace contre les thrips de la rouille classique (*Chaetanaphothrips* spp.), de la rouille argentée (*Hercinothrips femoralis* et *Elixothrips brevisetis*). Faite rigoureusement, cette technique permet d’éviter l’application de tout traitement insecticide contre ce groupe de ravageurs.

De même, mulch et paillage (végétaux ou plastiques) constituent des moyens efficaces pour limiter les infestations par les mauvaises herbes.

Mesures physiques

La stérilisation des sols à la vapeur, le parage et le trempage du matériel traditionnel de plantation sont utilisables pour détruire nématodes et charançons.

Adaptation des pratiques culturales

Une bonne circulation de l’air dans les bananeraies — faible densité, double rang, entretien des parcelles, etc. — peut rendre le milieu défavorable aux cercosporioses. Un bon drainage favorise la croissance des bananiers et augmente leur tolérance aux nématodes et à certains parasites du sol.

Le système de l’implantation de vitroplants sur un sol assaini par jachère ou rotation permet de ne recourir aux traitements contre les nématodes qu’à partir de la 4^{e} année après plantation.

Variétés et espèces résistantes

La sélection variétale a été dans le passé la seule parade efficace contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, agent de la maladie de Panama : le cultivar Gros Michel a été supprimé et remplacé par les Cavendish. C’est

aujourd’hui la voie privilégiée pour maintenir à plus ou moins long terme la culture de la banane dans les zones actuelles de production.

Lutte biologique

Contre les insectes, la lutte biologique est possible en apportant des prédateurs, contre les cochenilles farineuses par exemple (fig. 7), des parasitoïdes, ou des entomopathogènes. Contre les nématodes, des préparations de champignons nématophages, tels que *Paecilomyces lilacinus*, sont en cours d’évaluation.

Le piégeage de ravageurs peut aussi être une solution alternative. Le cas du charançon est un exemple probant.

Figure 7. Le miellat de *Dysmicoccus brevipes* est une source de fumagine (Cirad).

Nématodes

Les nématodes sont des métazoaires dont l'organisation interne est relativement simple (fig. 1). Sur près de 80 000 espèces, les parasites de végétaux ne constituent qu'un petit nombre. Les autres sont saprophages, mycophages et bactériophages, parasites d'animaux et de végétaux. Les nématodes phytoparasites appartiennent quasiment tous à l'ordre des *Tylenchida*. Leurs pièces buccales sont munies de stylets (éventuellement atrophiés ou dégénérés). Ce sont des vers submicroscopiques dont le corps est généralement allongé en fuseau. Ils sont presque invisibles à l'œil nu ; seules les femelles matures de *Meloidogyne* sont visibles sous forme de petits points bruns. Leur taille est variable, mais leur longueur ne dépasse pas quelques centaines de micromètres pour quelques dizaines de micromètres de diamètre. La principale espèce sur bananier, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, a une longueur de 400 à 900 micromètres pour une largeur de 20 à 40 micromètres.

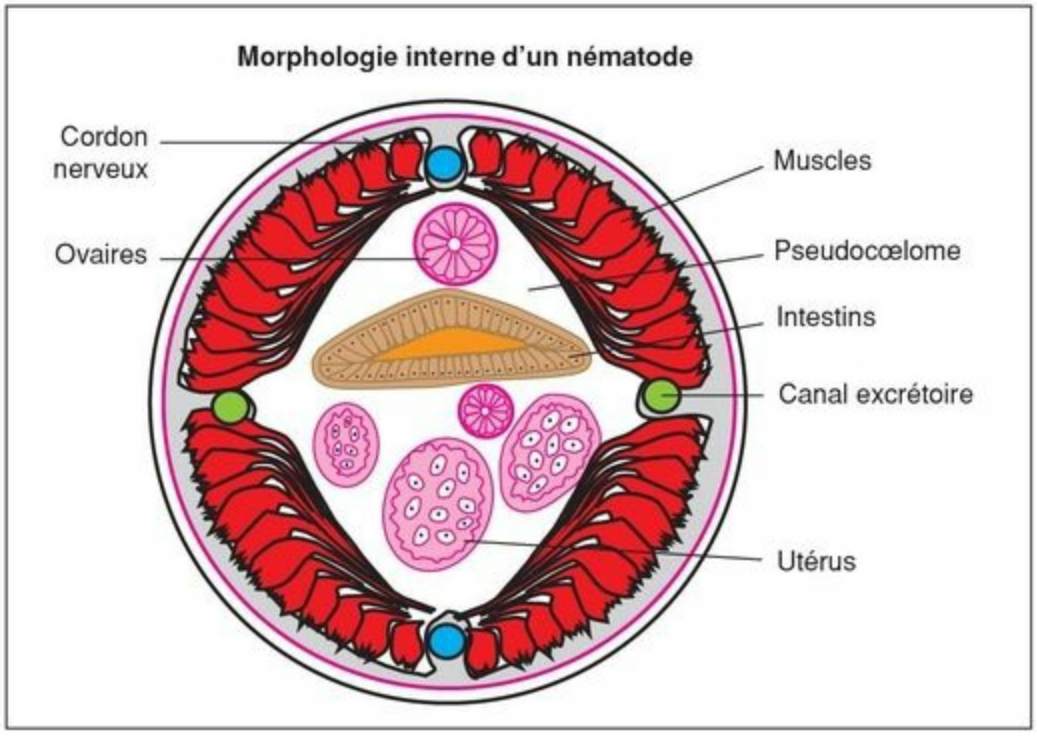


Figure 1. Organisation d'un nématode phytophage typique (Cirad).

Nématodes parasites du bananier

Espèces

- Endoparasites migrateurs : *Radopholus similis, Pratylenchus* spp. *(P.*

coffeae, P. goodeyi), Helicotylenchus multicinctus, Hoplolaimus seinhorstii.
• Endoparasites à galles : *Meloidogyne* spp. *(M. arenaria, M. incognita).*
• Ectoparasites : *Rotylenchulus reiniformis.*

Différences entre les espèces

Détails morphologiques

Forme générale de l'animal, aspects de ses lèvres, de son stylet, de sa queue, emplacement relatif de l'anus et des pièces génitales.

Attitude

Au repos, *Radopholus similis* est droit ou légèrement arqué, alors qu'*Helicotylenchus multicinctus* est enroulé sur lui-même.

Symptômes

Les symptômes (nécroses radiculaires) que provoquent les nématodes ne sont pas spécifiques. Les dégâts du principal nématode du bananier, *Radopholus similis,* sont difficilement discernables à l'œil nu de ceux provoqués par les champignons du genre *Cylindrocladium.*

Biologie

Les nématodes sont classés en fonction de leur biologie.

Endoparasites, semi-endoparasites ou ectoparasites

Ils pénètrent complètement (endoparasites), partiellement (semi-endoparasites) ou pas du tout (ectoparasites) à l'intérieur des tissus végétaux. *Radopholus similis* (Cobb) et *Pratylenchus coffeae* (Zimmerman) sont des endoparasites (fig. 2). *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) est un semi-endoparasite, alors que *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliv. est un ectoparasite.

Migrateurs ou sédentaires

Les femelles adultes restent libres (migrateurs) et vermiformes tout au long de leur vie (cas des *Radopholus, Pratylenchus, Helicotylenchus*) ou elles se fixent définitivement sur un site (sédentaires) tout en se gonflant par hypertrophie de leurs gonades comme *Meloidogyne* (fig. 3) et *Rotylenchulus.*

Durée du cycle

Selon les espèces, la durée du cycle biologique est très variable. Chez *Radopholus similis,* il se déroule entièrement dans les racines et dure de 20 à 25 jours (de l'œuf à la première ponte) lorsque les températures moyennes oscillent entre 25 et 30 °C.

La femelle pond 4 ou 5 œufs par jour dans les racines. Un foyer d'infestation peut donc se développer rapidement à partir de la pénétration d'un individu.

Chez les endoparasites sédentaires (*Meloidogyne* spp.), les juvéniles éclosent

dans le sol et migrent vers les racines. Ils se dirigent vers le péricycle, où ils se fixent, puis subissent les mues conduisant au stade adulte. La femelle se gonfle par hypertrophie des ovaires et commence à émettre des œufs dans une masse mucilagineuse qui les protège de la dessiccation. La durée du cycle est d'environ 30 jours.

Figure 2. *Radopholus similis* (mâle et femelle 0,6 µm) (Cirad).

Figure 3. *Meloidogyne arenaria* (Cirad).

Extraction des nématodes

Dans les tissus végétaux comme dans le sol, les nématodes sont difficiles à observer. Pour les déterminer et les dénombrer, ils doivent être isolés et mis en suspension.

Extraction du sol

Les nématodes sont séparés des autres particules du sol en jouant sur la densité des nématodes, voisine de 1,1 (élutriateur), la taille (colonne de tamis), la mobilité (méthode de filtration de Baerman). Les nématodes ainsi extraits sont vivants. Cette méthode d'extraction permet de dénombrer l'ensemble d'une population vivante du sol.

Extraction des racines par centrifugation et flottation

Après lavage et broyage des racines, les nématodes sont séparés des débris de plante en jouant sur la taille — colonne de tamis isolant des particules entre 30 et 200 µm —, puis sur la densité — suspension et centrifugation dans des solutions de densité 1,00 (eau) puis 1,15 (solution hypertonique de $Mg\ SO_4$).

Les particules dont la densité est comprise entre 1,00 et 1,15 sont isolées.

Cette méthode permet de dénombrer l'ensemble des nématodes (vivants et morts) présents dans l'échantillon. Elle est utilisée pour mettre en œuvre la lutte chimique sur avertissement.

Extraction des racines par aspersion

Après lavage, l'échantillon est placé dans un dispositif qui permet de récupérer les stades mobiles de nématodes au fur et à mesure de leur sortie. Au bout de deux semaines, l'ensemble des nématodes sortis des tissus végétaux est dénombré.

Cette méthode ne permet d'extraire que les stades mobiles — stades mobiles au moment du prélèvement, mais aussi les œufs qui ont le temps d'éclore. On ne mesure pas une population à un instant donné mais un potentiel de développement des populations (inoculum). Elle est peu coûteuse tant en main-d'œuvre qu'en matériel, mais nécessite un délai assez important : l'extraction complète dure deux semaines.

Dégâts

Endoparasites migrateurs

Radopholus similis et *Pratylenchus* spp. se nourrissent aux dépens des cellules du parenchyme cortical, qu'ils détruisent progressivement. Le développement des nécroses est accéléré par la présence de parasites primaires ou secondaires, champignons ou bactéries.

La destruction directe des tissus par les nématodes migrateurs ou le prélèvement de substances nutritives par les nématodes sédentaires entraîne des perturbations de la nutrition minérale et hydrique, et donc une diminution de croissance de la plante hôte. Mais surtout, l'ancrage au sol est affaibli, ce qui peut entraîner des chutes de plants, notamment en période venteuse.

Les pertes de rendement varient en fonction du degré d'infestation et des

espèces présentes, mais aussi des conditions environnementales (sol, climat, pratiques culturales). Ces pertes se cumulent au cours des cycles et diminuent la durée d'exploitation d'une bananeraie. Dans les années 1980, *R. similis* était le principal agent de vieillissement des bananeraies dans plusieurs régions (nord de la Martinique, Côte d'Ivoire, Cameroun) obligeant à replanter tous les 4 à 5 ans.

Autres groupes

• Semi-endoparasites. *Helicotylenchus multicinctus* et *Hoplolaimus seinhorstii* provoquent des nécroses superficielles.
• Endoparasites sédentaires. *Meloidogyne* spp. induit le développement de cellules géantes qui se traduisent par des galles observables à l'œil nu.
• Ectoparasites. *Rotylenchulus reiniformis* est un ectoparasite. Ses dégâts sont généralement négligeables sur bananier.

L'incidence économique de ces derniers groupes est beaucoup plus faible. Les méthodes de lutte sont ainsi focalisées contre *Radopholus similis* et, dans les régions froides (zones subtropicales, haute altitude) contre *Pratylenchus* spp.

Méthodes de lutte

Lutte chimique

Elle a été très largement utilisée dans le passé : 2 à 4 nématicides étaient appliqués chaque année. L'utilisation de ces produits pose cependant de graves problèmes. Les nématicides sont tous nocifs, voire très toxiques, avec des risques sérieux pour les manipulateurs de ces produits — intoxications accidentelles dont le risque est d'autant plus élevé que les vêtements de protection sont inadaptés aux climats chauds — et pour l'environnement — risques sérieux de pollution des eaux, de destruction d'organismes non-cibles. De plus, il peut y avoir perte d'efficacité par biodégradation accélérée ou accoutumance des nématodes.

Les risques présentés par ces molécules étant jugés de moins en moins acceptables, la liste des produits utilisables va se restreindre. Il s'agit donc de mettre en œuvre tous les processus d'adaptation des pratiques culturales minimisant ou supprimant l'utilisation de produits chimiques. L'un des premiers objectifs est de disposer de matériel végétal sain à implanter sur un sol sain ou assaini (sans nématodes).

Assainissement

Contrairement à d'autres espèces, *Radopholus similis* ne dispose pas de forme de résistance. Il ne peut ni entrer en diapause, ni s'enkyster. En le

coupant de toute ressource alimentaire, il est possible de détruire les populations présentes.

En couplant l'assainissement par jachère ou rotation culturale à la plantation de matériel indemne de nématodes (vitroplants), on réunit le maximum de probabilités de conserver une plantation indemne de *R. similis* pendant plusieurs années sans faire appel à aucun traitement chimique.

Principe : créer un vide sanitaire avant plantation

Pour assainir le sol, il faut détruire totalement les racines du bananier et n'avoir aucune repousse de rejets. D'autre part, *R. similis* n'est pas totalement inféodé au bananier, de nombreuses graminées (dont *Echinochloa colona* et *Eleusine indica*), solanacées *(Solanum americanum, S. torvum),* euphorbiacées *(Phyllanthus amarus, Euphorbia heterophylla)* et urticacées *(Phenax soneratii)* sont des hôtes potentiels.

Le principe d'assainissement mis au point repose sur la création d'un vide sanitaire.

• Destruction de la vieille bananeraie. Par injection d'herbicide à systémie descendante (par exemple, glyphosate) : il faut prévoir 2 ou 3 passages (à deux semaines d'intervalle) pour être sûr de détruire totalement le système souterrain des bananiers.

• Fragmentation des souches mortes. Cela évite les pullulations de charançons. Ce travail du sol est à réaliser au plus tard 3 mois après la première injection.

• Contrôle strict des adventices dans le cas de la jachère enherbée (fig. 4). Utiliser des herbicides systémiques. Le premier traitement doit être réalisé en début de montaison des graminées et avant la floraison des plantes à feuilles larges ; on obtient un mulch qui limite la croissance ultérieure des adventices (il peut être maintenu entre 9 et 24 mois).

Pour pouvoir effectuer ces traitements dans les conditions requises, il est impératif de réaliser les aménagements des parcelles et la préparation du terrain pour replantation dès la mise en place de la jachère.

Figure 4. Jachère non entretenue avec repousses de bananiers. À proscrire absolument (Cirad).

Précautions au moment de la plantation

• Avant de réaliser la replantation en bananiers, il est fermement recommandé de contrôler l'infestation du sol en nématodes.

• Les jeunes vitroplants étant particulièrement sensibles à la concurrence des adventices, mais aussi aux herbicides, l'installation d'un mulch et son maintien assurent un gain de 3 à 5 semaines sur la longueur du premier cycle.

Suivi du risque de recontamination

Un prélèvement de racines doit être fait tous les 6 mois ou au moins à chaque pic de floraison. Les applications de nématicides sont proscrites tant que les populations de *R. similis* ou de *Pratylenchus* ne dépassent pas 1 000 individus pour 100 g de racines.

Effet des rotations culturales

D'excellents résultats sont obtenus avec des rotations comprenant l'ananas (fig. 5), la canne à sucre ou le dachine lorsque l'entretien est correctement réalisé, c'est-à-dire en surveillant l'absence de repousses de bananiers et en maîtrisant l'enherbement.

Il faut être très attentif d'une part à l'espèce cultivée qui soit non-hôte de *Radopholus similis,* mais aussi non-réservoir de virus (CMV notamment), d'autre part aux techniques culturales appliquées (maîtrise des adventices mais attention à l'emploi d'herbicides, par exemple ceux utilisés pour l'ananas sont phytotoxiques sur bananier).

Figure 5. Rotation banane, ananas (Cirad)

Charançons

Le charançon du bananier est très largement répandu dans le monde, en particulier dans les champs de bananiers plantains. Les recherches menées tant sur les nématodes que sur les cercosporioses ont permis de proposer des solutions pratiques aux producteurs ; celles sur le charançon commencent seulement à fournir des premiers résultats autres que la lutte chimique, trop polluante et dangereuse.

Description

Le charançon noir du bananier *Cosmopolites sordidus* (Germar) est un parasite par sa larve, blanche à l'exception de la tête brun-rouge avec de fortes mandibules (fig. 1). Le corps est trapu, avec un dos arqué plus ou moins bossu, les pattes sont petites.

La nymphe, uniformément blanche, mesure environ 1 cm de long. Dans les zones chaudes de basse altitude, les nymphes sont au moins 1,5 fois plus petites (8 mm) que dans les zones fraîches d'altitude (jusqu'à 15 mm).

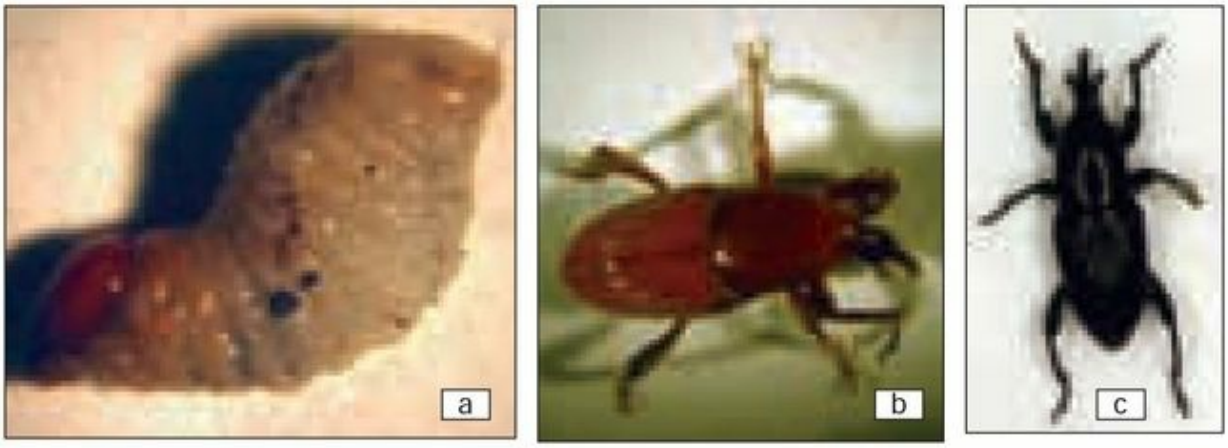


Figure 1. Charançon noir : Larve (a) ; Jeune imago (b) ; Charançon adulte (c) (Cirad).

Les jeunes imagos sont brun-rouge et acquièrent au bout de quelques jours une couleur noire uniforme. La taille des adultes est comparable à celle de la nymphe ; elle peut fortement varier en fonction des conditions climatiques et lors des stades larvaires.

Biologie

Avec son rostre, la femelle perce un trou dans le bulbe du bananier pour y pondre un œuf d'environ 2 mm de long. Après une semaine, la larve éclot et creuse des galeries pour se nourrir. Suivant les conditions de température, les stades larvaires durent de 30 à 50 jours. La nymphose s'accomplit à

l’extrémité de la galerie, alors très proche de la périphérie du bulbe.
L’adulte se dégage de la loge nymphale en forant une galerie vers l’extérieur du rhizome, puis remonte le long de la souche jusqu’à la surface du sol. Ce sont des insectes de mœurs nocturnes qui passent la journée dans le sol et, surtout, sous la litière et les débris végétaux. Ils se déplacent essentiellement en marchant sur le sol, bien qu’ils soient parfaitement capables de voler. Ses vols semblent rares et ne seraient effectués que sur des distances relativement courtes (75 à 80 % des adultes sont sédentaires).
Les adultes se nourrissent de matériel végétal frais (résidus de culture par exemple). Leur espérance de vie est très longue (plus de 2 ans en élevage) mais la fréquence de ponte est faible (50 à 100 œufs pondus par femelle et par an).
Les populations sont réparties en « agrégats ». Seules les bananeraies très infestées où plus de 90 % de plants sont touchés présentent des répartitions homogènes. Bien que ce charançon ne soit pas un insecte social, des comportements grégaires sont souvent observés.

Dégâts

En creusant des galeries dans le bulbe (fig. 2 et 3), les larves le fragilisent et augmentent très sérieusement les risques de chute des plants. Il ne faut pas confondre ces galeries avec des pourritures remontant dans la souche par la racine en cours de décomposition. Dans toute galerie récente, les déjections des larves sont brunes (aspect de sciure de bois) ; l’aspect noirâtre des vieilles attaques correspond au développement de saprophages divers.
En cas d’attaques sévères — en particulier sur les variétés sensibles, comme les plantains —, les charançons peuvent entraîner la destruction des bananiers. Dans de nombreuses régions d’Afrique, plus du tiers des plants de plantains sont détruits avant la première récolte, ce qui interdit de fait leur culture sur plus de 2 cycles.
En outre, le charançon perturbe l’alimentation et le développement du bananier (fig. 4). De nombreux plants s’engorgent, présentent des renflements à la base des stipes qui prennent un aspect « en goulot de bouteille » ou des dessèchements à la base des feuilles. Les régimes sont en moyenne plus petits, la longueur des cycles est allongée. Sur des bananiers Cavendish, groupe relativement peu sensible au charançon, des pertes de rendement supérieures à 30 % ont été mesurées dans des zones favorables (bananeraies d’altitude et bas-fonds humides) dès le deuxième cycle de culture.

Figure 2. Galeries récentes, débris brunâtres (Cirad).

Figure 3. Galeries anciennes (Cirad).

Figure 4. Incidence d'une attaque de charançon : perte de densité du peuplement et déclin de la croissance des plants (Cirad).

Techniques de lutte

Depuis une dizaine d'années des progrès importants ont été faits, si bien qu'il est possible d'envisager à moyen terme l'abandon des traitements chimiques.

Lutte chimique, facteur de pollution

Très largement utilisée dans le passé, la lutte chimique est à l'origine de

pollutions rémanentes des sols et des eaux. Le recours à des techniques alternatives devient alors une nécessité.

Adaptation des pratiques culturales

L'adulte recherchant des débris végétaux humides pour se nourrir et s'abriter, on doit éviter de laisser des faux troncs fraîchement coupés au sol. Le simple fait de laisser les stipes verticaux après récolte restreint l'habitat et les ressources alimentaires de l'adulte. Pour limiter les attaques après plantation, l'emploi de vitroplants constitue une solution pour les bananiers Cavendish.

Lutte biologique

Au début des années 90, les travaux de recherche menés sur les relations sémiochimiques ont mis en évidence la production par les charançons mâles de phéromones d'agrégation attirant les deux sexes. Un mélange de 4 isomères (sordidine) a été synthétisé ; son activité biologique a été démontrée.

Pièges à phéromones

Depuis cinq ans, des pièges à phéromones d'agrégation sont disponibles. Ils permettent d'attirer beaucoup plus efficacement les charançons sur des aires importantes. Un piège comprend un bac rempli d'eau savonneuse (eau + 2 % de savon liquide), surmonté d'un diffuseur de phéromone (sordidine) à laquelle on ajoute une substance synergiste, l'acétate d'isoamyle, améliorant l'attractivité des phéromones émises. Les charançons sont attirés et se noient dans le bac.

Ils constituent un instrument de suivi des déplacements de populations, donc de monitoring. Ne capturant que les adultes en mouvement, ils ne permettent un contrôle efficace qu'en cas d'infestations faibles. Ils ne sont pas suffisants en cas de forte infestation lorsque la population sédentaire est établie — il semble que plus des 3/4 des charançons soient sédentaires dans une vieille bananeraie fortement infestée.

Application d'entomopathogènes

Par sa biologie, *Cosmopolites* se prête mal à la lutte biologique avec des prédateurs ou des parasitoïdes. Les larves sont très difficiles à atteindre dans le bulbe ; les adultes munis d'un tégument épais se cachent dans les débris végétaux.

• L'évaluation de l'efficacité de nématodes entomopathogènes, *Steinernema carpocapsae* (Weiser), a donné des résultats prometteurs en laboratoire (fig. 5). Il en est de même avec divers champignons entomopathogènes comme *Beauveria bassiana* (Balsamo). Les tentatives de lutte au champ n'ont

cependant pas donné les résultats escomptés, tant en Australie, où les nématodes étaient injectés dans des trous réalisés à la base des faux troncs, qu'en Guadeloupe, où les nématodes étaient épandus au sol autour des souches. Ces échecs sont liés aux contraintes du milieu naturel (humidité, faible efficacité dans la recherche d'hôtes…). La nécessité de quantités très importantes d'inoculum entraînerait aussi des contraintes de coût de fabrication.

• L'utilisation de champignons entomopathogènes se heurte aux mêmes difficultés que la lutte avec les nématodes entomopathogènes, avec de surcroît des risques de baisse du pouvoir pathogène et une forte contrainte réglementaire. Les champignons parasites d'insectes sont des micro-organismes qui sont soumis à la même réglementation que les produits phytosanitaires, alors que les nématodes sont des macro-organismes, non soumis pour l'instant à homologation.

Combinaison de pièges à phéromones et d'entomopathogènes

Cette méthode a été validée en 2004. En attirant des populations importantes (parfois plus de 200 individus par semaine) dans un espace restreint (20 x 20 cm^2) et exempt de produits phytosanitaires, les pièges peuvent être utilisés non plus pour tuer les charançons, mais pour leur inoculer un pathogène. On peut ainsi réduire la quantité de *Steinernema carpocapsae* nécessaire, ne l'épandre que sur des petites surfaces favorables à leur survie, et utiliser les charançons piégés comme vecteurs.

Dans les pièges à phéromone, la solution liquide est remplacée par du sable humide sur lequel sont déposées chaque semaine des larves de *Galleria mellonella* (papillon facile à élever) préalablement inoculées avec *Steinernema carpocapsae*

(fig. 6 et 7). Cette méthode est appliquée avec des volumes restreints de nématodes et permet donc de limiter les coûts de fabrication et de conservation des formulations comprenant les entomopathogènes.

Dans les essais réalisés en Martinique, lorsque la croissance des bananiers est bonne, cette méthode assure un contrôle au moins équivalent à celui que procure la rotation d'insecticides de référence : une application de Régent® + une application de Némathorin® par an.

En revanche, lorsque la plantation est négligée et que la croissance des plants est pratiquement arrêtée, aucune technique ne permet de contrôler le charançon.

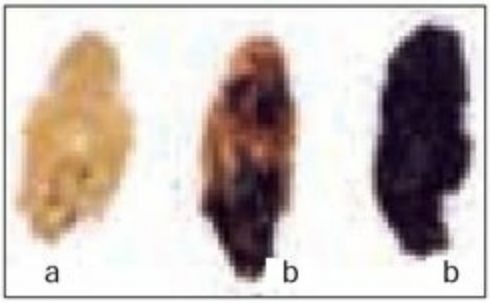


Figure 5. Nymphe de *Cosmopolites sordidus :* a, saine, b, parasitée par *Steinernema carpocapsae* (Cirad).

Figure 6. Élevage de *Steinernema carpocapsae* sur chenilles de *Galleria mellonella*. Les larves infestantes de *S. carpocapsae* sont récupérées dans la solution du fond de la boîte (Cirad).

Figure 7. Chenille de *Galleria mellonella* inoculée de *Steinernema carpocapsae,* déposée sur du sable dans le piège (Cirad).

Conditions de l'efficacité de la lutte biologique

Les techniques de lutte biologique seront d'autant plus efficaces que des mesures prophylactiques seront prises et qu'un bon état physiologique des plants sera préservé.

• La première condition est d'assainir le plus possible le milieu avant replantation en pratiquant une jachère ou une rotation sans aucune repousse de bananiers, puis, de planter avec des vitroplants.

• La deuxième condition est d'empêcher l'accroissement des populations de

charançons lors de la destruction de vieilles bananeraies. Pour cela, il faut déchiqueter les souches dévitalisées dans les deux mois suivant l'injection d'herbicide. Les risques de transfert dans les parcelles avoisinantes seront ainsi limités.

• La troisième condition est d'adopter un itinéraire technique raisonné. L'absence de bananiers tombés ainsi que la conservation des faux troncs (sans recépage au ras du sol) après récolte (coupe au plus proche du bouquet foliaire) participent aussi à l'assainissement.

Cercosporioses

Les cercosporioses sont des maladies fongiques causées par des champignons ascomycètes du genre *Mycosphaerella.*

La cercosporiose noire (fig. 1), la plus grave, provoquée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, est maintenant largement disséminée dans le monde. L'introduction de *M. fijiensis* au Cameroun a entraîné un doublement du nombre de traitements fongicides. Absente des Antilles françaises, elle peut être introduite à tout moment, ce qui rendrait difficile, voire impossible, le maintien des bananeraies de Cavendish sur une large partie de la sole bananière actuelle.

La cercosporiose jaune (fig. 2), la plus répandue, est due à *Mycosphaerella musicola* Leach. Elle régresse souvent fortement en présence de *Mycophaerella fijiensis,* mais peut rester stationnaire dans certaines conditions pédoclimatiques (par exemple en Côte d'Ivoire).

Les plantains sont sensibles à la cercosporiose noire, mais largement tolérants à la cercosporiose jaune. Quant au sous-groupe des Cavendish, il est très sensible aux deux.

Figure 1. Symptômes de cercosporiose noire, *Mycosphaerella fijiensis* (Cirad).

Figure 2. Symptômes de cercosporiose jaune, *Mycosphaerella musicola* (Cirad).

Description

Cercosporiose jaune (maladie de Sigatoka)

On distingue 5 stades d'évolution.

• Stade 1. Petits points blancs sur la face supérieure des feuilles, en général à l'extrémité distale de la moitié droite du limbe, première zone exposée lorsque la feuille est au stade cigare.

• Stade 2. Ces points s'allongent et deviennent des tirets jaunes de 3 à 4 mm.

• Stade 3. Ils s'élargissent en devenant une tache, le centre prenant une couleur brun rouille.

• Stade 4. La tache atteint ses dimensions définitives (12 à 15 mm sur 2 à 5 mm) avec un halo jaune. Son centre est brun foncé à noir.

• Stade 5. La zone centrale de la tache se dessèche et tourne au gris avec un anneau noir et un halo jaune.

Au stade 5, les petits points noirs au centre de la tache sont les périthèces qui produisent des asques contenant les ascospores disséminées par le vent. On parle alors de lésions nécrotiques, ou nécroses. Ces lésions peuvent devenir coalescentes et détruire de vastes portions de tissus foliaires (fig. 3), entraînant des risques de maturation précoce des fruits et une réduction des rendements.

Lorsque les conditions climatiques sont favorables (humidité, faible évaporation), des sporodochies (conidiophores) apparaissent au stade 4 sous forme de petites excroissances noires. À la loupe binoculaire (grossissement x 20), on distingue les conidies, spores assurant la multiplication végétative du champignon, sous forme de « poils » gris argent. Ces conidies peuvent se disséminer via les eaux de pluie vers les feuilles basses ou les feuilles du rejet

successeur (attaques conidiennes).

Cercosporiose noire (maladie des raies noires, MRN)

Il est parfois difficile de différencier les symptômes des deux maladies. Néanmoins, 6 stades sont définis.

• Stade 1. Les premiers symptômes sont des petits points de dépigmentation, blanchâtres, visibles uniquement à la face inférieure du limbe.

• Stade 2. Tirets brun rouille visibles sur les deux faces, surtout sur la face inférieure.

• Stade 3. Allongement et élargissement des tirets, devenant des taches.

• Stade 4. Ces taches sont brunes, rondes ou elliptiques.

• Stade 5. Les taches deviennent noires, généralement entourées d'un halo jaune.

• Stade 6. Le centre de la tache s'assèche avec un halo noir, lui-même entouré de jaune.

L'évolution de la maladie est beaucoup plus rapide que celle de la cercosporiose jaune. De larges raies brunes à noires se développent rapidement. Les liaisons coalescentes (fig. 4) sont souvent observées sur des feuilles de 5 ou 6 semaines (bananiers Cavendish), ce qui est exceptionnel avec la cercosporiose jaune. Les conséquences économiques sont beaucoup plus graves ; les pertes peuvent représenter 50 % de la récolte.

Figure 3. Dégâts foliaires provoqués par la cercosporiose jaune ou maladie de Sigatoka (Cirad).

Figure 4. Dégâts foliaires provoqués par la maladie des raies noires, MRN (Cirad).

Lutte chimique

Commencée dans les années 30 avec de la bouillie bordelaise, la lutte chimique fut améliorée au milieu du siècle passé en pratiquant des atomisations d'huile minérale. La maîtrise de la cercosporiose jaune a fait appel ensuite à de très nombreux fongicides. Cette lutte fut assurée par pulvérisation et atomisation soit terrestre à l'aide d'un appareil à dos, soit aérienne par avion (fig. 5), hélicoptère ou ULM.

Trois groupes de produits

Trois groupes de produits sont utilisés à l'échelle mondiale. Tous sont efficaces sur les jeunes symptômes localisés sur les feuilles les plus récentes, les dernières émises. L'essentiel de la bouillie fongicide doit donc être réparti sur le sommet de la canopée. Ces feuilles étant difficiles à atteindre depuis le sol puisque les vieilles feuilles font écran, les traitements aériens (par avion ou hélicoptère) sont beaucoup plus efficaces que les traitements réalisés depuis le sol.

Huiles paraffiniques

La découverte de l'action fongistatique des huiles minérales, vers 1950, a été une petite révolution dans la lutte contre la cercosporiose. À 15 litres par hectare, ces huiles (Spraytex®, Banole®, etc.) gênent la pénétration des tubes germinatifs des spores (surtout ascospores) et retardent l'apparition des premiers symptômes. L'huile est cependant phytotoxique : elle freine la photosynthèse et provoque l'apparition de taches et tirets bleuâtres. La dose d'huile appliquée ne doit pas dépasser au total 250 litres par hectare et par an au maximum (soit 15 à 20 atomisations aériennes par an).

Fongicides multisites de contact

Les principaux sont les dithiocarbamates (manèbe, zinèbe et surtout mancozèbe) et Daconil (Bravo®). Ces produits sont utilisés dans les régions où les traitements sont réalisés de façon systématique.

Fongicides systémiques et pénétrants

Ils ont une action préventive et curative sur les jeunes stades (1 à 3) de la maladie. En fonction du mode d'action, on distingue les antimitotiques, les inhibiteurs de la synthèse des stérols, les inhibiteurs de la respiration.

• Les antimitotiques (bénomyl, thiabendazoles) sont systémiques, ils sont utilisés pour la lutte par avertissement. Ces produitrs n'agissant que sur un seul site, le champignon a pu développer des souches résistantes. Ces souches se maintiennent même quand le produit n'est plus utilisé.

• Les inhibiteurs de la synthèse des stérols (IBS) agissent sur divers sites de la synthèse de l'ergostérol, un composant essentiel de la paroi des champignons. Les IBS1 inhibent la C14 déméthylase (imidazoles et surtout triazoles) ; ils n'agissent que sur un seul site et sont systémiques. Les risques d'acquisition de résistance sont élevés. Les IBS2 inhibant la 8-7 isomérase (tridémorphe) ont d'autres sites secondaires. Généralement pénétrants, leur persistance d'action est plus faible. Mais ils peuvent être utilisés en alternance avec d'autres produits pour limiter les risques d'apparition de souches résistantes.

• Les inhibiteurs de la respiration appartiennent à une seule famille (strobilurines) et agissent sur le même site. Les risques d'apparition de souches résistantes sont élevés.

Évolution des traitements

Du fait du manque de concertation entre planteurs et des divergences d'intérêts économiques, il n'y a pas eu de stratégies globales de traitement pendant de nombreuses années. Des races résistantes à certains produits sont apparues. Depuis un quart de siècle, des programmes de lutte et de suivi de l'évolution du champignon sont disponibles.

Résistance aux fongicides et choix des produits

L'utilisation des produits a évolué avec les risques qu'ils ont entraînés.

Le risque d'apparition de souches de *Mycosphaerella* spp. résistantes a largement été vérifié. Deux cas de résistance à l'ensemble des molécules de triazoles utilisées sont révélés au Costa Rica dès 1992 et au Cameroun en 1997.

Les exigences toxicologiques sont de plus en plus strictes, si bien que le nombre de produits autorisés tend à se réduire fortement. Par exemple, depuis janvier 2004, aux Antilles françaises, il ne reste plus que trois fongicides

autorisés, appartenant tous aux triazoles IBS1 (flusilazole, difénoconazole, propiconazole), et les huiles paraffiniques. Les risques de développement de résistance des champignons sont sérieux.

Figure 5. Avion de traitement contre les cercosporioses, Cameroun (Cirad).

Deux stratégies

Deux stratégies de traitement sont employées dans le monde.

• Traitements systématiques. Ils sont obligatoires lorsque la lutte est réalisée avec des produits de contact. On applique alors 20 (cercosporiose jaune) à 60 (cercosporiose noire) traitements par an.

• Traitements sur avertissements. Ils sont réalisés sur la base d'indicateurs climatiques et biologiques (mesure de l'évolution de la maladie). On ne traite alors que lorsque l'évolution de la maladie l'exige. Le traitement sur avertissement n'est réellement utilisable qu'avec les produits systémiques (pénétrants) dilués dans de l'huile. La maladie de Sigatoka (cercosporiose jaune) peut être contrôlée avec 3 à 12 traitements par an, et le double (6 à 20 traitements par an) pour la maladie des raies noires (cercosporiose noire). Cette stratégie nécessite une structure chargée de la lutte contre les cercosporioses à l'échelle régionale : réalisation de l'avertissement, décision de traitement, choix des produits.

Avertissement biologique

Les attaques sont d'autant plus graves que les feuilles sont touchées précocement. On évalue l'état d'évolution de la maladie pour prendre la décision de traitement.

État d'évolution de la maladie

Pour le suivi de la maladie, les observations se limitent aux cinq plus jeunes

feuilles (les dernières émises FI à FV) sur 10 bananiers non fleuris mais adultes (feuilles larges).
Sur chaque feuille, une note correspondant au stade le plus avancé est attribuée : de 0, sans symptômes, à 5, au moins une nécrose. Le total des notes obtenues (5 feuilles de 10 bananiers) donne la somme brute.
Cette valeur peut être affinée en prenant en compte une correction correspondante à l'état d'avancement de la sortie du cigare et au rythme d'émission foliaire (nombre moyen de feuilles émises au cours des 10 derniers jours).
La valeur finale rend compte de l'état d'évolution (EE) de la maladie.

Décision de traitement

En avertissement biologique, un traitement doit être appliqué dès que l'état d'évolution augmente fortement deux semaines d'affilée. En pratique, les responsables de traitements généralisés modulent leurs décisions en fonction des conditions climatiques — essentiellement de l'évaporation Piche — car au-delà de 22 mm par semaine, les conditions sont défavorables à la maladie. Ils prennent en compte aussi des critères empiriques, par exemple, si la zone est particulièrement difficile à traiter du fait de la topographie et des vents dominants, il convient alors de tenir compte de la forte probabilité de traitement défectueux.

Méthodes complémentaires de lutte

Elles sont indispensables pour compléter l'action des fongicides et pour limiter au minimum le développement de la maladie : les traitements n'agissent que sur les jeunes stades d'évolution.

Assainissement par ablation des feuilles nécrosées

La coupe bien faite des feuilles ou fragments de feuilles, sur lesquels la maladie est au stade 4 et plus, permet de réduire considérablement l'émission des spores, donc de ralentir le développement de la maladie. Néanmoins, si l'expansion de la maladie est trop importante, la surface foliaire disponible au moment de la récolte peut être fortement réduite : pratiquer l'ablation des feuilles avec discernement, surtout sur les bananiers fleuris.

Ralentir l'évolution de la maladie

Toute technique culturale favorisant l'évaporation et diminuant l'humidité atmosphérique contribue à ralentir l'évolution de la maladie. Les densités trop élevées, les œilletonnages trop tardifs, les hautes herbes participent au maintien d'un microclimat humide favorable au développement du champignon.

Recours aux variétés tolérantes

Parmi leurs priorités, les programmes de sélection variétale, notamment celui du Cirad, ont inscrit en premier lieu l’obtention de nouvelles variétés tolérantes aux cercosporioses. Des hybrides sont maintenant proposés aux agriculteurs, tant en bananes à cuire qu’en bananes dessert. Des progrès sont encore attendus en ce qui concerne la conformation des régimes et des fruits et, surtout, l’intégration d’autres tolérances ou résistances.

L’augmentation des contraintes pesant sur la lutte chimique et les traitements aériens dans les régions européennes ultrapériphériques risquent de précipiter l’implantation de ces nouvelles variétés — tout comme la maladie de Panama avait autrefois contraint les planteurs à un quasi-abandon des variétés du groupe Gros Michel.

Partie IV
Culture du bananier

Assainissement et amélioration de la fertilité du sol

À la mise en place de la culture bananière, la limitation, ou même l'élimination, du parasitisme tellurique s'obtient en assainissant le sol — ce qui réduit la pression du parasitisme tellurique lié à la monoculture et le phénomène de fatigue des sols — et en utilisant un matériel végétal sain. Jachères, cultures de rotation, aménagements, préparation de sol et amendements organiques répondent à un second objectif agricole, l'amélioration de la fertilité physique et chimique des sols.

Il est aussi essentiel de tenir compte des aspects économiques et commerciaux. La mise en place ou la modification de l'assolement demande du temps et des adaptations techniques et économiques. La rotation avec l'ananas ou la canne à sucre, par exemple, suppose des débouchés, mais également des durées minimales de culture.

En préalable

Le parasitisme tellurique et les caractéristiques physiques des sols de la culture précédente (bananeraie ou autre) doivent être évalués afin de préciser les facteurs limitants qu'il est nécessaire de corriger.

Le diagnostic doit inclure des profils culturaux et pédologiques, des analyses de sol, des comptages de nématodes.

Parcelle infestée par les nématodes

Si la parcelle est infestée par les nématodes, la pratique d'une jachère ou d'une rotation avec une espèce non-hôte (principalement *Radopholus similis*) est indispensable. La première phase consiste à faire le « vide sanitaire » (élimination rapide du parasitisme) à partir de la bananeraie à détruire.

Créer un « vide sanitaire »

La destruction de la culture de banane (fig. 1) se réalise par l'injection d'un herbicide (piqûre au glyphosate, ou autre herbicide) à systémie descendante à chaque plant. Deux passages à 3 ou 4 semaines d'intervalle sont obligatoires. Les repousses ultérieures peuvent être éliminées par pulvérisation. L'essentiel est qu'il n'y ait plus aucune repousse de bananier deux mois après le premier passage.

Ensuite, la destruction mécanique des souches de bananier (fig. 2) est indispensable pour éviter tout risque de développement des charançons. La mise en place d'une jachère ou d'une autre espèce non sensible aux parasites

telluriques du bananier est nécessaire pour terminer l'assainissement et stabiliser, ou améliorer, la fertilité générale du sol.

Figure 1. Destruction de la vieille bananeraie au glyphosate (Cirad).

Figure 2. Préparation du sol (ici à la roto-bêche) après destruction des souches de bananiers (Cirad).

Mettre en place une jachère

Le processus allant de la destruction de la bananeraie (sans aucune repousse de bananier) à la replantation en vitroplants est schématisé sur la figure 3. La mise en jachère doit se faire par bloc pour éviter la recontamination par les nématodes à partir des parcelles adjacentes.

Les aménagements — fossés de ceinture, drainage, lutte antiérosion — et la préparation du sol, s'ils sont nécessaires, sont à faire avant la période de jachère enherbée, de façon à conserver le mulch durant la phase d'installation de la jeune bananeraie. Ce mulch sert à la protection du sol et à la limitation des adventices.

Pour éliminer complètement les nématodes, les adventices sont détruites régulièrement — au plus tard au stade floraison, avec obligatoirement un

herbicide systémique descendant. Elles forment un paillis qui protège le sol de l'érosion et limite le développement des mauvaises herbes (fig. 4). Ce paillis fournit de la matière organique au sol et évite l'utilisation intempestive d'herbicides au moment de la mise en place des vitroplants (réduction des risques de phytotoxicité sur jeunes plants).
La durée de la jachère doit être d'au moins un an. Cependant, le meilleur critère est d'évaluer l'assainissement nématologique par un test biologique sur un échantillon de sol.

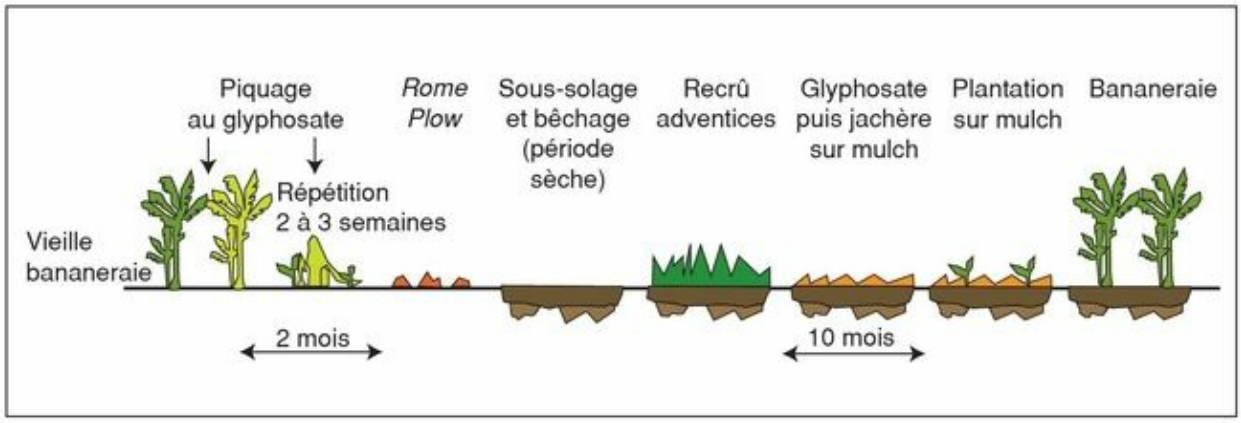


Figure 3. Schéma du processus de mise en culture : de la destruction de la bananeraie à la replantation en vitroplants (Cirad).

Figure 4. Mulch établi pendant la jachère par destruction régulière des adventices (Cirad).

Rotation culturale

Une rotation culturale peut être mise en place avec des cultures non-hôtes de

Radopholus similis, comme la canne à sucre, l'ananas, le maraîchage (sauf cucurbitacées et carottes), des cultures vivrières (taro, igname). Quelle que soit la culture, il ne doit y avoir aucune repousse de bananier. La durée minimale est d'un cycle de culture. Cependant, pour des raisons économiques ou sociales, la durée peut être plus importante : au minimum 4 ans avec la canne à sucre, 2 ans avec l'ananas, 1 an avec le taro (dachine).
Sur cendres et ponces, il est conseillé de faire une culture suivie de un ou deux ans de jachère. La préparation du sol et les aménagements de circulation d'eau sont réalisés après la culture.

Intérêt de la jachère ou de la rotation sur une parcelle saine

Si la replantation n'est pas liée au parasitisme tellurique (fig. 5), il est indispensable d'en connaître les causes, puisque le plus souvent on recherche la pérennité de la culture de banane avec le minimum d'intrants chimiques.
La mise en jachère ou l'implantation d'une plante de service (par exemple l'engrais vert) peut se justifier par une faible fertilité du sol — taux de matière organique faible, structure déficiente, activité biologique perturbée.
Cependant, les causes de replantation sont le plus fréquemment liées à des anomalies dans la gestion des peuplements de bananiers : défauts de maintien de la densité et de l'homogénéité consécutifs à une mauvaise replantation (incluant la préparation des sols), mais aussi manque de rigueur dans la conduite des peuplements (œilletonnage, remplacements, protection contre la verse).

Figure 5. Parcelle en 5^{e} cycle (rejet visible derrière le pied mère), sans

parasitisme tellurique : souches des 1er et 2e cycles encore en place (Cirad).

Aménagements de la parcelle : circulation de l’eau, transport, brise-vent

Les aménagements de base de la parcelle sont à préparer bien avant la mise en culture de façon à optimiser l’ensemble par une implantation cohérente.
L’aménagement d’une parcelle ne peut se concevoir qu’en fonction d’un plan d’ensemble de la mise en place des voies de transport, étroitement lié aux impératifs d’optimisation de la circulation de l’eau et au système de transport des fruits (fig. 1 et 2).
La plupart de ces aménagements sont à faire avant la préparation des terrains, donc avant la plantation. Dans le cas d’un système avec une jachère enherbée, ils sont réalisés avant la mise en jachère.

Figure 1. Aménagement de base en Martinique. La circulation optimale des eaux ne peut être appréhendée que dans le cadre d’un aménagement global des habitations. Le réseau routier est tributaire de la topographie. L’orientation des lignes de plantation doit contribuer aussi à la maîtrise de l’eau (Cirad).

Figure 2. Aménagement en sol vertique au Ghana. L’option du haubanage aérien et transport des régimes par *cable way* doit être compatible avec le réseau drainage, l’irrigation et les brise-vent (Cirad).

Objectifs

Les aménagements de base d'une parcelle sont prévus pour répondre à trois objectifs principaux.

• Maîtriser la circulation de l'eau pour en limiter l'excès au niveau des racines du bananier, pour réduire l'érosion et la diffusion de pesticides et en éviter le passage d'une parcelle à l'autre.

• Disposer d'un réseau de transport optimal, tant pour les régimes que pour toute intervention technique. Dans la majorité des cas, il s'agit d'un ensemble de routes, de pistes (dénommées « traces » aux Antilles), mais aussi de câbles aériens ou *cable way*.

• Assurer l'alimentation hydrique dans les zones soumises à des périodes de sècheresse, grâce à la mise en place de dispositifs d'irrigation et l'implantation de brise-vent.

Maîtrise de la circulation de l'eau

Après l'assainissement du sol, c'est le volet essentiel pour une culture de haut niveau de production respectueuse de l'environnement. Il a été mis en évidence que les bananeraies sont fréquemment soumises à des conditions d'asphyxie et d'excès d'eau, de durée variable, dans la frange superficielle de sol accessible aux racines. Cette observation conditionne pour une large part les recommandations en matière d'agriculture raisonnée et de lutte contre les risques de pollution.

Après la mise en œuvre d'opérations de maîtrise et de gestion de l'eau, les gains de production sont significatifs. Ces gains justifient et rendent nécessaires les opérations de maîtrise et de gestion de l'eau de ruissellement et de drainage (fig. 3 et 4) recommandées.

• La dimension des aménagements dépend de la pluviométrie et de la capacité du sol à évacuer l'eau par percolation.
• Les parcelles et les drains de surface doivent être modelés pour évacuer rapidement les eaux de ruissellement, sans pour autant favoriser l'érosion.
• Un réseau de drainage est nécessaire si la percolation de l'eau dans le sol est insuffisante par rapport aux pluviométries reçues.
• Pour limiter les risques de transfert des polluants par ruissellement, il faut mettre en place un couvert végétal permanent en bordure des cours d'eau — ce qui devient une zone tampon —, sans créer d'obstacle supplémentaire pour le traitement contre la cercosporiose.

Actions préalables

L'aménagement doit se faire selon un plan d'ensemble de circulation des eaux, et doit être réalisé en même temps que celui des voies de transport.
• Il est indispensable de concevoir l'aménagement pour l'ensemble de l'exploitation (dénommée « habitation » aux Antilles) ou par secteurs différenciés, en tenant compte de l'aval et de l'amont (des entrées et des sorties).
• Dresser un plan de l'exploitation matérialisant la circulation de l'eau dans l'exploitation (et dans chaque parcelle), mais aussi l'évacuation dans le(s) bassin(s) versant(s) et utiliser les outils des systèmes d'information géographiques (Sig) pour élaborer un schéma simple d'aménagement et de gestion de l'exploitation.
• Justifier la nécessité d'un aménagement — et définir cet aménagement — à partir de l'observation de profils culturaux ou pédologiques. Le suivi de parcelles avoisinantes est une bonne méthode, par exemple l'observation de profils racinaires.

Figure 3. Érosion après plantation en sol fersiallitique de Martinique (Cirad).

Figure 4. Mouillère en sol argileux consécutive à un mauvais profilage (régalage) et à un défaut d'entretien des drains (Cirad).

Selon le type de sol

Sols fersiallitiques

• Création de fossés de ceinture et antiérosifs, selon la pente (fig. 5).

• Protection des ravines principales par l'enherbement, par l'implantation d'arbustes (goyavier par exemple), la mise en place de blocs de pierre, le tracé en zigzag.

• Création de bandes enherbées de part et d'autre des cours d'eau, sans fossé ou rigole traversant la bande enherbée (court-circuit).

• Pour les sols brun rouille, la création d'un réseau de fossés de drainage et de diversion des eaux de ruissellement dans les parcelles les plus humides est indispensable.

Vertisols

• Façonnage et régalage de la parcelle (fig. 6) afin de favoriser le ruissellement hypodermique et de prévenir l'infiltration de l'eau dans des sols à drainage interne très faible. Il est inutile de réaliser un drainage profond. En revanche, il faut impérativement éviter toute stagnation (absence de mouillère). Le profilage peut se faire par charrue et le drainage par rigoleuse.

• Création de fossés de ceinture et d'évacuation des eaux de ruissellement et de percolation.

Figure 5. Aménagement parcellaire sur un sol brun rouille : fossé antiérosif, haie d'érythrines, irrigation sur frondaison (Cirad).

Figure 6. Première mise en culture sur un sol vertique. Façonnage et régalage après un drainage léger à 60 cm de profondeur (Cirad).

Sols sur cendres et ponces

• En amont des parcelles, interception de la circulation de l'eau dans le sol par des fossés raccordés au réseau de ravines.

• Dans les parcelles, création de fossés de ceinture et d'évacuation des eaux de ruissellement et de percolation.

• Mise en place de fossés antiérosifs selon les courbes de niveau.

• Travail du sol interrompant les interfaces argileuses entre les horizons (amélioration de la pénétration de l'eau).

• Enherbement et entretien des bords de ravines et thalwegs.

Réalisation

Ravines

La protection des ravines doit être prise en considération dans le projet d'aménagement de la circulation de l'eau. L'enherbement et le boisement

doivent être maintenus ou améliorés.

Fossés

Les fossés de ceinture ont pour fonction d'éviter le passage de l'eau d'une parcelle à une autre, donc de canaliser les transferts vers les voies naturelles d'évacuation. Pistes et fossés sont à réaliser dans le même temps. Sur les pentes, les fossés devront être du côté du sommet de la colline (de même que le profilage de la piste). Leur entretien est plus important que leur profondeur. Les fossés antiérosifs sont assez souvent couplés aux drains. Sur cendres et ponces, il s'agit d'un aménagement spécifique.

Bandes enherbées

Les bandes enherbées sont à envisager sur les berges des rivières pour réduire le transfert des pesticides et des fertilisants dans l'eau.

Drains

Le drainage intraparcellaire (fig. 7) est obligatoirement réalisé avant le travail du sol (étalement de la terre). Il ne faut donc pas de bourrelet de bordure.

La mise en place de drains enterrés (fig. 8) n'est recommandée que dans des sols où il n'y a pas d'horizon faisant obstacle à la descente de l'eau en profondeur. Ne pas oublier que les drains doivent être au-dessous de la zone de développement des racines (minimum de 120 cm de profondeur).

Figure 7. Aménagement sur un andosol : drain ouvert intraparcellaire (Cirad).

Figure 8. Aménagement sur un sol plat alluvionnaire en Martinique : drainage enterré, drain collecteur ouvert, passerelle, piste remblayée (Cirad).

Aménagement des pistes

Le réseau routier est à concevoir en même temps que le réseau d'évacuation des eaux de façon à optimiser les aménagements des parcelles.

Dans les zones en pente, pour éviter tout écoulement d'eau dans les parcelles en contrebas, la pente du profil est orientée vers la colline avec le fossé d'évacuation d'eau. L'entretien doit être permanent pour assurer la protection des fruits, comme celle du matériel roulant. Il faut limiter le mouvement des régimes et les chocs pendant le transport.

Brise-vent

La protection contre les vents (alizés) permet de réduire l'évapotranspiration du couvert jusqu'à 30 % en limitant les mouvements d'air et la déchirure des limbes foliaires. Les brise-vent les plus performants sont constitués d'érythrines *(Erythrinea fusca).* Ces haies (fig. 9) doivent être continues et taillées en hauteur (environ 4 m) pour atteindre 6 à 8 m entre deux coupes. Leur fertilisation est parfois nécessaire.

On peut aussi envisager d'autres végétaux, ainsi que les rideaux artificiels qui ne concurrencent pas le bananier (racines, ombrage).

Divers

• Bordures. La facilité d'entretien des bordures de propriété et de parcelles a son importance notamment dans la gestion des populations d'insectes. L'accessibilité doit être satisfaisante.

• Passerelles. Le transport des régimes dans les secteurs avec drains nécessite l'aménagement de passerelles fiables : tout saut de drain doit être proscrit.

• Arbres. Ceux qui gênent les traitements aériens doivent être abattus.

Figure 9. Brise-vent d’érytrines en Martinique (Cirad).

Préparation des sols

La préparation des sols doit non seulement être cohérente avec les aménagements réalisés ou prévus et avec les caractéristiques de la replantation, mais aussi être planifiée pour être réalisée à une période adéquate, c'est-à-dire en tenant compte des facteurs climatiques et du système de culture.

Objectifs

Optimiser les conditions de réussite de la plantation afin de pérenniser la bananeraie englobe plusieurs opérations :
– obtenir un sol assaini, meuble et aéré ;
– stimuler l'activité biologique du sol et favoriser la minéralisation ;
– réajuster les conditions de fertilité chimique du sol (pH, teneur en matières organiques) ;
– favoriser l'écoulement de l'eau en empêchant la formation de mouillères ou d'horizons indurés ;
– limiter les risques d'érosion à la plantation.

Principes, justifications du travail du sol

Une bonne productivité nécessite un système racinaire (fig. 1 et 2) sain et développé (densité racinaire et volume prospecté). En supposant une bonne maîtrise de la circulation de l'eau, la densité racinaire dépend avant tout de la densité apparente du sol. La diminution du nombre de racines en profondeur est liée, en premier lieu, à l'excès d'eau, puis, à l'augmentation de la compacité du sol et à l'existence de discontinuités structurales.
De même, le recompactage progressif au fur et à mesure des cycles de production fait diminuer la prospection racinaire (fig. 3).
Quand la circulation de l'eau est maîtrisée, l'intérêt de la préparation du sol est d'accroître la porosité, donc d'obtenir une moindre compacité.
La nature du travail de préparation doit être adaptée à chaque type de sol, à son état et aux conditions d'humidité au moment de la réalisation. Il n'existe pas de règle générale en ce domaine. Certains sols n'ont pas besoin d'être travaillés, d'autres ne peuvent pas être travaillés.
La mise en œuvre doit obligatoirement être précédée de l'observation de profils culturaux ou pédologiques. Trop d'erreurs de préparation sont dues à une méconnaissance des propriétés physiques réelles des sols (et non livresques).
Compte tenu des pratiques antérieures, souvent excessives et mal adaptées,

les recommandations qui suivent sont à moduler en fonction des profils pédologiques préliminaires.

Figure 1. L'objectif de la préparation du sol est d'obtenir un bon système racinaire. Très belles racines d'un vitroplant 45 jours après sa mise en terre, sur sol sain (Cirad).

Figure 2. Profil racinaire dans un sol homogène, drainant bien et sans discontinuités structurales. Les racines vont à plus de 1 mètre de profondeur (Cirad).

Figure 3. Profil d'un sol compact sur les trois horizons ; difficulté des racines à progresser accentuée par un drainage trop lent. Nécessité d'un travail du sol en profondeur mais en période sèche avant de planter, réseau de drainage indispensable (Cirad).

Mise en œuvre

Adaptation au type de sol

Sol argileux

Dans les sols argileux soit d'origine alluvionnaire soit résultant de l'évolution des andosols (notamment les sols brun rouille), le compactage est rapide. Il est indispensable de réaliser un très bon travail de la terre en période d'assèchement.

• Décompactage en conditions sèches, au moins en 2 sens et à 80 cm de profondeur.
• Travail à la rotobêche (terrain à pente faible, pas de rocs), le meilleur outil.
• Profilage léger pour éviter les mouillères et favoriser le ruissellement.
• Plantation à plat. En cas de réalisation de sillons, on devrait planter sur la

butte, non dans le fond du sillon.

Vertisols ou pélosols à argiles gonflantes

Ces sols sont les plus difficiles à aménager et à préparer du fait de leur faible ressuyage, même en période sèche.

• Décompactage croisé sur sol sec, ce qui est rarement le cas. En conditions humides, il vaut mieux ne pas en faire.

• Profilage des parcelles obligatoire (planches bombées, sans mouillères) pour une évacuation latérale des excès d'eau. Il s'agit de réaliser un modelé en « tôle ondulée ». Les drains profonds ne sont pas utiles. Ces aménagements sont la base de la réussite de la culture de la banane sur ces sols.

• Plantation à plat : la réalisation de sillons est incompatible avec ce type de sol.

Sols fersiallitiques et ferrisols

S'ils n'ont pas été déstructurés par des pratiques antérieures abusives, ces sols n'ont besoin que d'un minimum de préparation.

• Travail à la rotobêche (terrain à pente faible, pas de rocs), le meilleur outil.

• Plantation à plat. En cas de réalisation de sillons, on devrait planter sur la butte et non dans le fond du sillon.

Andosols

Plus les andosols sont anciens, plus ils sont argileux. Pour les andosols récents et les sols sur cendres et ponces, le minimum de perturbations est recommandé.

• Éviter tout travail du sol, sauf obligation de détruire un horizon compacté. Dans ces conditions, travailler avec la rotobêche ou le sous-solage.

• Un délai minimal d'un mois est indispensable entre travail du sol et replantation pour limiter le foisonnement du sol.

• Planter à plat, au trou.

Outils recommandés pour le travail du sol

L'effet du travail du sol dépend fortement de l'outil utilisé, qui doit être adapté au type de sol (teneur en argile) et à son humidité.

Pulvériseur à disques lourds

Pulvériseur à disques lourds : herse aux Antilles *(rome plow)*. La herse fragmente superficiellement le sol et mélange les déchets végétaux à la terre. Des passages renouvelés ou dans des conditions non optimales créent une semelle de labour (fig. 4).

Sous-soleuse

La sous-soleuse doit être utilisée pour fragmenter le sol en conditions de bon ressuyage. Le décompacteur, si possible à vibrations, est souvent recommandé.

Outils de labour

Ces outils permettent une fragmentation plus importante, mais la zone de travail est moins profonde. Dans de mauvaises conditions, le labour crée une semelle compacte.

Rotobêche

Elle peut être utilisée en conditions plus humides que les outils de labour. Elle ne risque pas de créer de semelle de labour. Une fragmentation excessive (sol soufflé) diminue l'ancrage des bananiers (si on plante aussitôt après) et peut provoquer à terme une reprise en masse du sol. C'est cependant le meilleur outil pour un ameublissement du sol sur 30 à 40 centimètres de profondeur (fig. 5).

Sillonneuse

Cet outil repousse le sol le plus meuble et compacte les bords et le fond. En outre, la sillonneuse favorise l'accumulation d'eau au pied du bananier. Outil à proscrire.

Figure 4. Pulvériseur à disques lourds. Déconseillé pour le travail du sol, à n'utiliser que pour la destruction des souches de bananiers (Cirad).

Figure 5. Rotobêche : outil réalisant un excellant travail superficiel sur 40 à 50 cm de profondeur (Cirad).

Incorporation des amendements et des engrais

Les données indispensables sont les teneurs en carbone et azote total et le rapport C/N donnant une appréciation de la vie microbienne du sol. En fonction de l'analyse de sol il faut apporter les amendements organiques et minéraux nécessaires à la fertilité du sol.

Composts

• Issus de déchets verts ou de bagasses avec ou sans fientes de volailles, avec un C/N élevé : apporter 40 tonnes par hectare minimum.
• À épandre de préférence au moins un mois avant de planter.
• Attention à la « faim d'azote » au départ (multiplication des bactéries de minéralisation). Cela justifie très souvent un apport de 40 à 80 kilos d'urée par hectare aussitôt après l'apport de matière organique.

Engrais organiques

• Avec un C/N faible : apporter 2 tonnes par hectare.
• Appliquer peu de temps avant de planter sur toute la surface, ou bien une semaine après sans contact avec le vitroplant.
• Ces engrais ont dépassé le pic d'activité de leur microflore et fournissent immédiatement de l'azote.

Amendements minéraux

• Seule l'analyse de sol permet de définir les besoins. Il faut éviter, d'une part, de mettre de fortes doses, d'autre part, d'utiliser des produits déséquilibrant les teneurs en cations.
• En raison de la lixiviation importante du calcium et du magnésium, les épandages ne sont à réaliser qu'une semaine avant de planter, puis, en fractionnant au moins en deux fois dans l'année.
• Dans les sols riches en magnésium, il ne faut pas apporter de dolomie ou

d’autres produits contenant du magnésium.

Recommandation pour la succession des travaux

Dans le cas de l’installation d’une jachère enherbée, les aménagements et la préparation du sol (sauf amendements minéraux ou organiques) sont à faire avant sa mise en place de façon à disposer d’un mulch au moment de la plantation. La succession des travaux d’aménagement et des travaux de préparation de la terre doit être cohérente. Le sous-solage peut être fait avant le réseau de drainage, mais non le profilage. Le rotobêchage de préparation doit toujours être fait en dernier, mais avant les amendements.

Le travail du sol après plantation est très rarement judicieux ; en cours de cycle, encore moins.

Plantation et replantation

L’objectif est de planter le moins fréquemment possible, donc de réaliser la mise en place avec le maximum de soins. Il faut veiller en particulier à la qualité et à l’homogénéité du matériel végétal, à la qualité de la mise en terre.
Avec la pratique de l’assainissement du sol et une bonne préparation des terres, la qualité de la plantation est primordiale pour pérenniser la culture. Comme pour de nombreuses autres espèces, la qualité de la mise en place a une incidence sur toute la durée de la culture, sur plusieurs années.

Causes de replantation

Pourquoi replanter ? Parce que le rendement décroît et la rentabilité économique n’est plus assurée, la plupart du temps en raison d’une baisse importante de la densité de peuplement (nombre de bananiers productifs à l’unité de surface).
Les causes de réduction du nombre de plants sont multiples (en dehors des catastrophes naturelles comme les cyclones) : le parasitisme tellurique diminuant l’ancrage des plants ; un défaut de haubanage ou de tuteurage à la floraison (fig. 1) entraînant la verse ; un mauvais œilletonnage. Cependant, il faudrait replanter le moins souvent possible, pour des raisons de coût de remise en culture, mais aussi de préservation de la fertilité des sols. Le paramètre fondamental est l’érosion qui est fortement liée au ruissellement et celui-ci à la pluviométrie (fig. 2). Toutefois, si le coefficient de ruissellement est de 14 % sur sol nu, il est de 8 % sur replantation et quasi nul (moins de 1 %) en bananeraie semi-pérenne, cela correspond respectivement à l’érosion de l’équivalent de 115 tonnes de terre par hectare et par an pour un sol nu, 44 tonnes en replantation et moins de 1 tonne en culture semi-pérenne comme en bananeraie.

Figure 1. Replantation justifiée par la perte de plants (baisse de la densité) due à des défauts techniques : œilletonnage, remplacement, haubanage… (Cirad).

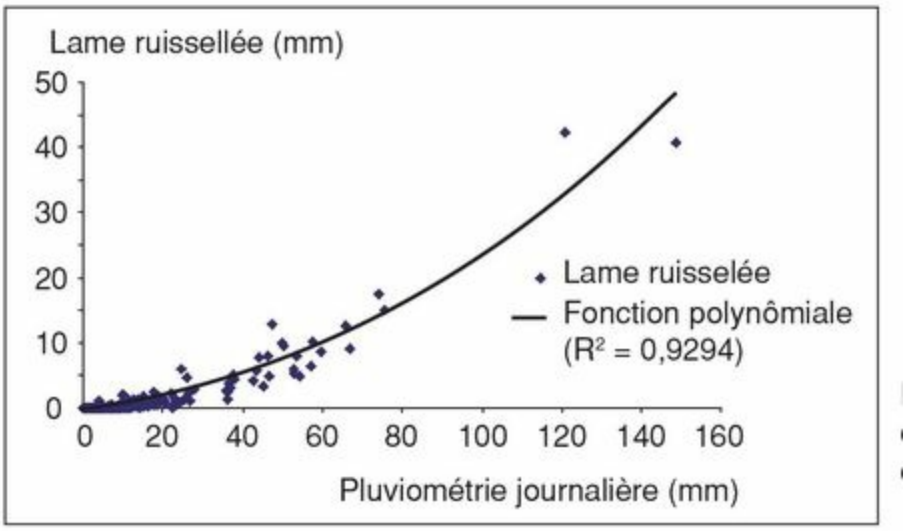


Figure 2. Corrélation entre le ruissellement et la pluviométrie (Martinique) (Cirad).

Densité, dispositif et mode de plantation

La densité et le dispositif de plantation sont des choix clés pour le rendement, la qualité, la durée du cycle, la durée de vie de la bananeraie. Ce choix est aussi conditionné par le type d'organisation du travail et la protection de l'environnement, notamment l'érosion.

Densité de peuplement

Si l'optimum théorique de densité est d'environ 3 000 plants par hectare, une densité de moins de 2 000 plants par hectare est généralement adoptée pour éviter les problèmes de maintien de la densité de peuplement et de développement de maladies sur feuilles et sur fruits.

Plus on veut obtenir un retour de cycle rapide (temps entre deux récoltes successives), plus la densité sera faible. Moins les zones seront ensoleillées, moins le nombre de plants à l'hectare sera important.

Si l'objectif est de maintenir un peuplement homogène pour pérenniser la culture, il faudra réduire la densité des populations de bananiers à la plantation. Cependant, pour un lieu donné, la réduction de la densité doit être concomitante à l'amélioration de la gestion des peuplements (nombre de plants productifs quasi constant). Cette gestion va de l'homogénéité du matériel végétal de départ au recépage (ou cyclonage) de fin de cycle en passant par les remplacements (dénommé « recourage » aux Antilles) et

surtout l'œilletonnage.
Les densités recommandées sont par exemple, pour la Martinique :
– Sud-Atlantique et Sud-Caraïbe (fort ensoleillement), densité de 1 750 à 1 900 pieds par hectare ;
– Centre et Nord-Atlantique (moyen), densité moyenne, de 1 650 à 1 850 pieds par hectare ;
– Nord-Caraïbe (altitude et faible luminosité), densité faible de 1 650 à 1 500 pieds par hectare.

Disposition des plants

Les distances entre plants sont données pour une densité de 1 750 plants par hectare.

En quinconce

C'est le dispositif écophysiologique optimal. Il faut tenir compte de la facilité de travail des ouvriers dans la parcelle (déplacement, repérage des régimes, coupe et transport des fruits…), de la facilité du haubanage et de la mécanisation (circulation de quads, de petits tracteurs…).
Ce dispositif offre la possibilité de diminuer l'intervalle entre deux récoltes grâce à l'amélioration de la croissance du rejet.

En lignes simples

Ce dispositif est adapté aux parcelles sans mécanisation, 3,0 x 1,9 m dans le sens de la pente (privilégier l'orientation est-ouest). Il procure une bonne couverture et un bon développement du rejet mais le haubanage est plus difficile. Attention : si l'on veut augmenter la densité, ne réduire que la distance sur la ligne (ne pas réduire sur le petit rang).

En lignes jumelées en quinconce

Ce dispositif (fig. 3) comprend un grand rang d'au moins 3,6 m et un petit rang de 1,8 m ; bon système sauf pour la régularité du couvert.
Dans le cas de mécanisation des travaux, un grand intervalle de 4 mètres et plus est à envisager.

Autres dispositifs

D'autres dispositifs sont possibles, à condition de maîtriser parfaitement l'œilletonnage précoce.
• En touffes de 6 pieds porteurs (fig. 4) Sur un cercle, « en verger », gestion de l'œilletonnage en tournant.
• En plantation à faible densité (la moitié de la normale). Recépage avant 12 feuilles et conservation de 3 rejets (1,5 fois la densité), mais seulement 2 pour le cycle suivant (retour à la densité normale). Ce mode de plantation (0-3-2)

dit « à demi-densité » est géré de la façon suivante : pas de fruits en premier cycle, pseudo-deuxième cycle avec 3 régimes par plante, retour à la densité normale à partir du troisième cycle.

Figure 3. Plantation en lignes jumelées (Cirad).

Figure 4. Plantation en touffe de 6 bananiers (Cirad).

Sens de plantation

Le choix du sens de plantation doit tenir compte de la facilité de transport (tirage) des régimes, des possibilités de mécanisation, ainsi que de l'optimisation de l'écoulement de l'eau en surface, afin de limiter les risques d'érosion et retarder l'arrivée de l'eau dans les thalwegs.

Les lignes de plantation formeront un angle fermé avec la plus grande pente — sauf pour les sols sur cendres et ponces, où la réponse sera apportée au cas par cas — et seront éventuellement disposées en épis à l'amont d'un thalweg. Quand un réseau de drainage ouvert est installé, la plantation s'effectuera parallèlement à l'axe des fossés.

Période de plantation

Deux critères sont pris en compte :

– la meilleure date pour mettre les fruits sur le marché en période habituelle de bons cours (pour les premier et deuxième cycles) ;
– les meilleures conditions climatiques pour un démarrage rapide de la croissance des vitroplants. En supposant que la maîtrise du déficit hydrique est satisfaite (pleine saison sèche), il faut éviter de planter en période très pluvieuse. Cependant, il est nécessaire d'étaler les plantations dans le temps pour la réalisation des travaux et des récoltes dans de bonnes conditions.

Variétés, plants, homogénéité

Choix des variétés

Au sein du sous-groupe Cavendish, les notions de variétés et de clones se chevauchent largement et aboutissent à la désignation de plusieurs variétés commerciales. Les différentes variétés se distinguent par des critères morphologiques forts, telles que la taille, la pomologie…, dont la manifestation optimale est liée à des adaptations diversifiées au milieu — température, ensoleillement, conditions édaphiques. Au sein de chaque variété, les clones correspondent à la sélection et à la multiplication d'un individu présentant des performances qui s'écartent de la moyenne des individus de la variété — rendement, intervalle entre cycles plus court, tolérance à certains facteurs édaphiques, etc.
La variété doit être choisie en fonction du milieu, en interaction avec le système de culture adopté et les caractéristiques recherchées pour le fruit.
En 2005, seuls des cultivars du sous-groupe Cavendish sont en production en banane dessert : Grande Naine, très majoritaire, et Williams (régions les plus fraîches). Cependant, quelques sélections sont testées à grande échelle (MA13, Zeling, Yaffa, Gal…).

Matériel végétal

Utiliser exclusivement du matériel sain et homogène donc des vitroplants.
Tout autre matériel végétal — rejet baïonnette, souche avec œilleton ou rejet à feuilles étroites, éclat de souches — provenant de zones infestées de nématodes *(Radopholus similis),* de charançons ou de tout autre parasite est à proscrire. Même obtenu en milieu apparemment sain, ce type de matériel ne devrait plus être utilisé, et encore moins sans assainissement du sol (fig. 5).
Les vitroplants sont de plus en plus utilisés du fait de leurs qualités sanitaires, mais aussi pour leurs performances agronomiques et leur facilité de manipulation.
Cependant, en pépinière (fig. 6), le risque de contamination par les nématodes n'est pas nul. L'exploitant doit exiger la copie de l'analyse

nématologique, qui doit être systématiquement faite. D'autre part, toute production de vitroplants entraîne la présence de variants (plants non conformes au standard variétal et non productifs).

Figure 5. Processus de replantation à ne pas pratiquer : matériel végétal traditionnel sur sol non assaini (Cirad).

Figure 6. Respect des normes sanitaires dans la pépinière de vitroplants (Cirad).

Ces variants sont éliminés avant la sortie de pépinière. Il peut en rester jusqu'à 3 % au champ, surtout des nains qui sont les moins faciles à identifier en pépinière. Ils doivent être éliminés puis remplacés, le plus rapidement possible et uniquement par des vitroplants de grande taille.

Homogénéité des plants mis en terre

L'homogénéité des plants (fig. 7), au moins par ligne jumelée, est indispensable pour obtenir un groupage des floraisons et un taux de plants fleuris s'approchant de 100 %. En premier cycle, il faudrait atteindre au moins 95 % de plants fleuris en 45 jours. Cette homogénéité participera à

l’évolution du peuplement, et donc à sa pérennité.
Pour cela, avec les vitroplants, il est impératif de :
– faire un allotissement des plants à la sortie de pépinière (tri en fonction de la largeur de la dernière feuille déroulée), chaque classe correspondant à un écart maximal de 3 cm ;
– enterrer modérément les plants, collet (surface de la motte) entre 2 et 4 cm au-dessous de la surface du sol ;
– planter à plat, au trou, sans lissage ;
– réduire le temps de transfert depuis la pépinière, éviter tout stress (déficit ou excès d’eau, trop fortes doses d’engrais, utilisation d’un herbicide).
Dans le cas de matériel végétal classique, outre l’homogénéité des lots, il faut planter de façon à ce que le collet soit au maximum à 10 cm au-dessous du niveau du sol. Les œilletons ou rejets sont à orienter tous dans la même direction, les cicatrices d’attache aux pieds mères sont toutes disposées dans le même sens.

Figure 7. Vitroplants au bon stade de plantation et homogènes : dernière feuille émise ayant de 18 à 20 cm de largeur (Cirad).

Limiter les risques phytosanitaires et l’enherbement

Si les recommandations préliminaires d’assainissement du sol et de préparation de la parcelle sont respectées, il ne devrait plus y avoir d’utilisation de nématicides à la replantation.

Risque d’infestation précoce

Le cas du charançon est plus délicat et peut nécessiter une lutte dès la mise en terre dans le cas de taux d’infestation très élevé avant arrachage, ou de présence de bananeraies à proximité très atteintes. Une lutte préventive par

pièges à phéromone est nécessaire.
Dans certaines situations — rotation avec canne à sucre, parcelles de canne à proximité —, il y a risque de destruction des jeunes bulbes de vitroplants aussitôt après la mise en terre par les hannetons adultes, (*Lygirus* sp. ou escarbots). Dans ce cas, le taux de reprise peut descendre à 70 %. Une intervention par insecticide, ou mieux par répulsif, est indispensable immédiatement après mise en terre (moins de deux jours).

Contrôle de l'enherbement

Les vitroplants ne doivent pas être en compétition avec les adventices et ils sont très sensibles aux herbicides. Les bananiers adultes le sont également. Il faut éviter tout traitement herbicide au moins pendant un mois après plantation (risque de blocage de la croissance par phytotoxicité). Le plus efficace est de pratiquer une jachère enherbée et de détruire les adventices 8 à 10 jours avant la mise en terre des vitroplants (fig. 8).

Figure 8. Planter sur mulch pour limiter l'enherbement (Cirad).

Contamination par la mosaïque en plage (CMV)

Dans les zones à risques (forte pluviométrie et humidité élevée permanente), il faut limiter au minimum la contamination des plants par le CMV dans le mois suivant la mise en terre. Pour cela, un bon contrôle manuel des adventices est nécessaire — le mulch est le moyen le plus efficace — y compris à la périphérie des parcelles où il faut limiter les infestations par les Commélinacées.
L'utilisation de vitroplants plus grands (dont on peut aussi couper les feuilles du bas) réduit très fortement les risques d'infection virale.
À noter que les symptômes de mosaïque en plage sur les feuilles sont

observables au moins un mois après la replantation. Il s'agit alors d'une infestation ayant eu lieu dans les deux ou trois semaines après plantation provoquée par le passage des pucerons porteurs de CMV des adventices vers les feuilles basses du vitroplant, et non en pépinière. À ne pas confondre avec la mosaïque en tirets (BSV) qui ne se transmet pas de la même façon (fig. 9).

Figure 9. Symptômes de mosaïque en tirets (BSV) sur vitroplants plus âgés (Cirad).

Conduite des populations

La conduite des populations est la base d'un système intensif, durable et économique. Ce volet de pratiques culturales, essentiellement tributaire de la qualité du travail, doit faire l'objet d'un maximum d'attention.

L'objectif est de maintenir une population de bananiers aussi homogène que possible pour assurer un retour de cycle rapide et disposer le plus longtemps possible d'un nombre de pieds productifs quasi constant.

Remplacement après plantation

Le remplacement (dénommé « recourage » aux Antilles) permet de maintenir la densité d'origine et de disposer d'une population de bananiers homogène. N'utiliser que des vitroplants. Tout autre matériel végétal doit être proscrit (fig. 1).

Le remplacement des vitroplants chétifs, crevés ou variants est à faire dès que possible, au plus tard dans le mois qui suit la plantation (passage à deux et quatre semaines). Il faut alors utiliser des vitroplants robustes et plus grands et apporter un complément de fumure : 50 g de DAP (phosphate diammonique) par plant, en surface.

Des remplacements jusqu'à deux mois — qui doivent être exceptionnels — sont envisageables, si l'on dispose de vitroplants préparés spécialement pour cet usage (fig. 2), en troisième phase d'élevage, en grands récipients d'au moins 10 litres.

À noter que le pourcentage de remplacement est lié à la qualité des travaux de replantation, y compris les aménagements et la préparation du sol. Ce taux ne devrait jamais dépasser 5 %, taux très élevé.

Figure 1. Pour éviter toute recontamination par les nématodes, ne jamais faire de remplacement avec du matériel végétal traditionnel (par exemple une

souche avec rejet attenant). N’utiliser que des vitroplants (Cirad).

Figure 2. Pour les remplacements tardifs, utiliser des vitroplants préparés spécialement (en seau) (Cirad).

Œilletonnage de sélection

Il s’agit de sélectionner le rejet successeur le plus tôt possible pour favoriser son développement. L’objectif est un retour de cycle de durée minimale, afin d’augmenter le nombre de régimes récoltés par bananier et par an, en préservant l’alignement des plants pour maintenir un couvert végétal homogène.

Développement des rejets

Les bourgeons axillaires sont formés dans l’ordre de succession des feuilles ; leur disposition suit la phyllotaxie. Les rejets ont une disposition globale en pentagone ; les plus âgés, et normalement les plus développés, sont à la base de la souche.

En phase végétative, le méristème terminal assure une inhibition d’autant plus forte que l’œilleton en est proche. En phase florale, cette inhibition régresse plus ou moins rapidement selon l’état physiologique de la plante. Un bananier carencé ou à faible croissance n’assumera pas un contrôle suffisant de ses rejets.

La phase de croissance du rejet, encore sous la dépendance du pied mère, conditionne très fortement la conformation de l’inflorescence (nombre de mains et de doigts), donc son rendement. Plus le « bulbe » du rejet est volumineux (réserves) au moment de l’entrée en phase autonome, plus la probabilité d’obtenir un gros régime est élevée. Autrement dit, il faudrait que le rejet puisse rester juvénile (feuilles étroites) jusqu’au plus près de la récolte du pied mère.

Pour tous les cas, excepté le vitroplant

Sur le premier pentagone, le bourgeon opposé au point de rattachement au pied parent est le premier formé et, dans la plupart des cas, celui qui a le meilleur potentiel agronomique. Dans la pratique, il est appelé « rejet axial » ou « rejet successeur » et se situe dans un axe vieille souche-pied mère. Cependant, en intervenant très tôt dans la sélection, il est possible de choisir un bourgeon parmi les positions 1, 3 et 4.

Cas des vitroplants

La particularité du vitroplant tient au fait qu'il n'a pas d'attache particulière à une souche origine. Ainsi, la première couronne (pentagone) se forme au-dessous de la tige souterraine. Le rejet s'épuise pour atteindre le niveau du sol, sa tige souterraine est effilée et le lien avec la tige parente est très amenuisé (peu de transit hormonal et minéral). Plus la plantation sera profonde, plus le phénomène sera accentué.

Dans la majorité des cas, le premier pentagone est à éliminer et la sélection se fait sur la deuxième couronne. Les quelques exceptions sont la conséquence soit d'une plantation très superficielle (première couronne en surface), soit d'un milieu trop humide. C'est le cas notamment dans certains sols vertiques, les bourgeons de la première couronne ne se développent pas et ce sont les rejets du deuxième pentagone qui émergent à la surface du sol.

Principes de l'œilletonnage précoce

L'objectif (fig. 3) est d'obtenir au stade voisin de la récolte du cycle n (Yn) un rejet proche de sa phase autonome (Yn+1) portant lui-même un rejeton de cycle suivant (Yn+2).

Sélectionner un rejet successeur

Pour cela, il est impératif de sélectionner un œilleton successeur (fig. 4) et d'éliminer régulièrement les bourgeons le plus précocement possible. Aucun rejet ne doit avoir une hauteur dépassant 20 cm — hauteur mesurée de la surface du sol au V formé par les dernières écailles ou folioles.

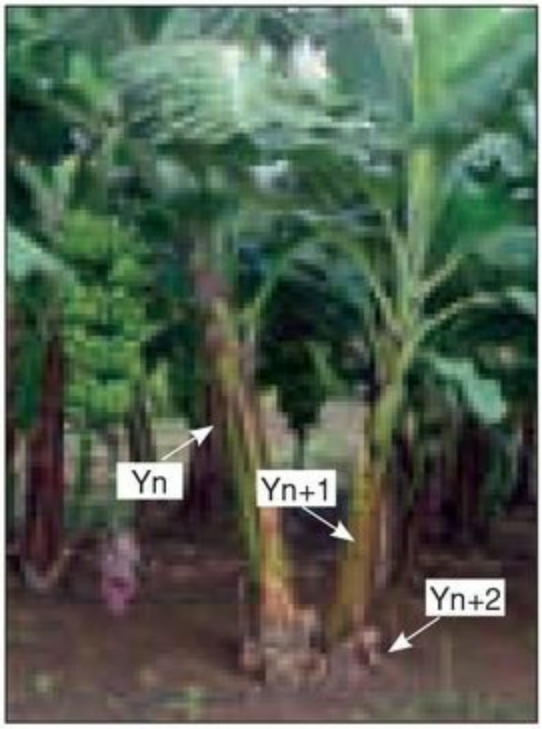


Figure 3. L'objectif de l'œilletonnage précoce est d'avoir 3 générations avant la récolte du plant le plus âgé : Yn plant en phase de fructification et pied mère ; Yn+1 plant en phase végétative autonome et rejet fils ; Yn+2 jeune plant au stade œilleton et rejet petit-fils (Cirad).

Figure 4. Œilleton sur la souche au stade optimal d'œilletonnage précoce (Cirad).

Seul l'œilletonnage à la gouge à lame incurvée (type gouge à asperge à manche renforcé et allongé) permet une intervention précoce, rapide et sans repousses. Il faut bien vérifier que l'apex du rejet ou œilleton a été coupé (partie blanche au centre).

Techniques traditionnelles déconseillées

Pour satisfaire ces conditions, les techniques traditionnelles d'œilletonnage ne sont pas adaptées.

• L'arrachage à la pince se fait sur des rejets relativement grands, avec des risques de destruction des racines du pied parent et de déstabilisation de l'ancrage.

• L'œilletonnage à la gouge à étoile (coupe à la base et destruction du méristème) est long, souvent peu fiable (repousses fréquentes) et trop tardif.

• La coupe à la base et la destruction du méristème par injection de pétrole (ou autre produit) sont effectuées trop tardivement, et présentent des risques de toxicité.

Cas particulier du premier cycle de vitroplants

Dans la quasi-totalité des situations, il est nécessaire d'éliminer les cinq premiers rejets (première couronne = premier pentagone). La sélection du successeur se fait sur le deuxième pentagone. On ne doit jamais dépasser le stade du plus grand rejet de 20 cm de hauteur pour un choix judicieux, favorable à la croissance et ne perturbant pas le système racinaire du pied mère (fig. 5 et fig.6).

Élimination de la première couronne

La première couronne doit être éliminée lorsque le plus grand rejet ne dépasse pas 20 cm de hauteur. Souvent, les cinq rejets ne sont pas sortis de terre au moment où le plus grand atteint 20 cm (fig. 7). Il faut donc réaliser deux passages à deux semaines d'intervalle. Au premier passage, il est conseillé de laisser chaque rejet détruit sur le sol en face de sa position sur la tige, ce qui évite les erreurs au passage suivant.

Certains sols très argileux, les vertisols notamment, gênent la croissance des œilletons de première couronne ; les rejets sortant de terre sont donc ceux de la deuxième couronne. La sélection se fait directement.

Sélection du rejet successeur sur la deuxième couronne

Lorsque le plus grand rejet a une taille maximale de 20 cm, il faut choisir le rejet ou l'œilleton proche de l'axe de la ligne de plantation, et tous doivent être dans la même direction. Tous les autres rejets et œilletons doivent être éliminés à la gouge à asperge. Deux passages à deux semaines d'intervalle

sont nécessaires.

Conseils pratiques

• Sélection, élimination et fumure doivent être réalisées avec minutie.

• Il arrive que le plus grand rejet ne soit pas le mieux placé. Il doit être éliminé même s'il n'y a pas de rejet visible au bon emplacement.

• Lorsque le choix final ne peut être fait au premier passage, on élimine tous les œilletons opposés au sens de sélection (hors angle de 30° de chaque côté de cet axe).

• Le biseau de la gouge doit être bien aiguisé pour obtenir une coupe franche sans forcer.

• Pour assurer le remplacement d'un pied manquant, on peut sélectionner deux rejets en positions opposées.

• Un apport de 50 à 80 g de DAP (phosphate diammonique) est recommandé juste après la sélection.

Cas général des autres cycles

Il n'y a pas d'élimination de la première couronne. Le rejet successeur est choisi dès le stade œilleton.

Les critères de sélection du rejet successeur sont les suivants :

– orientation sur la ligne de plantation (vers le haut si la parcelle est en pente) ;

– présélection des œilletons dans un angle de 120°, élimination de tous les autres rejets même s'il n'y a pas de bourgeon visible dans l'axe présélectionné (fig. 8) ;

– dans cet angle de 120°, choix du rejet successeur (le plus vigoureux et le mieux placé) et élimination des autres œilletons (fig. 9).

Cas des touffes en cercle et principe « 0-3-2 »

De nouveaux dispositifs de plantation sont en cours de développement. Ils imposent des adaptations de l'œilletonnage de sélection.

Figure 5. Œilletonnage 1er cycle : stade trop tardif d'élimination de la première couronne (Cirad).

Figure 6. Œilletonnage 1er cycle : stade extrêmement tardif d'élimination de la deuxième couronne (Cirad).

Figure 7. Œilletonnage 1er cycle : stade optimal d'élimination de la première couronne (Cirad).

Figure 8. Œilletonnage précoce sur les autres cycles : ne pas hésiter à éliminer les œilletons latéraux pour favoriser la croissance du rejet bien situé (Cirad).

Figure 9. Œilletonnage précoce sur les autres cycles : bonne réalisation (Cirad).

Plantation en touffe de 6 vitroplants

En premier cycle, on élimine la première couronne, puis, on choisit le successeur sur la deuxième couronne, dans l'axe centre du cercle-vitroplant, vers l'extérieur.

Pour les cycles suivants, le successeur est choisi sur un côté, de façon à assurer une rotation régulière et identique de tous les plants sans augmenter le diamètre du cercle.

Plantation de vitroplants à faible densité

Plantation à demi-densité (densité 0-3-2), c'est-à-dire pas de fruits en premier cycle, pseudo deuxième cycle avec 3 régimes par plante, retour à la densité normale à partir du troisième cycle.

Par exemple pour une densité de 870 plants par hectare à la plantation, après élimination de la première couronne, on choisit 3 successeurs sur le deuxième pentagone (positions 6, 8, 10). Les bananiers sont recépés vers le stade de la différenciation florale. Ces trois rejets donneront des régimes. Au cours du pseudo premier cycle, la densité sera de 2 610 pieds par hectare (870 x 3).

Pour le choix du cycle suivant (retour à une densité de 1 740 pieds par hectare : 870 x 2), aucun successeur n'est conservé sur le plant latéral (perpendiculaire à la ligne de plantation). Sur les deux autres plants (sur la ligne), un rejet est sélectionné — mais en sens opposé — pour revenir à une densité et un dispositif classique.

En cours de culture

Œilletonnage d'entretien

L'œilletonnage d'entretien est réalisé à la gouge à asperge.

Il s'agit de réduire la compétition entre rejets et de supprimer les rejets

« choux ». Un passage toutes les 6 à 8 semaines (pas de rejets de plus de 20 cm de hauteur) est nécessaire pour éliminer tous les œilletons surnuméraires, mais aussi les bourgeons du cycle suivant qui ne sont pas orientés convenablement. Avec l'œilletonnage précoce à la gouge à asperge, il ne doit y avoir que des œilletons à détruire.

Recépages de fin de cycle

L'objectif est de maintenir la densité de plants productifs. Pour cela, il faut favoriser le développement du rejet successeur des plants tardifs (floraison tardive et petits vieux) en les recépant en préfloraison. Cette pratique ne peut être mise en œuvre qu'à partir d'une plantation homogène.

• En premier cycle, le recépage des plants non fleuris en début de récolte du cycle doit être pratiqué. Éliminer aussi les petites inflorescences.

• En plantation établie, en période de forte récolte, un recépage est recommandé en fonction de la vigueur des bananiers (plants chétifs, plants fleuris à inflorescence réduite). À signaler la pratique d'autres recépages (ou cyclonages) : pour passer directement en deuxième cycle, pour pouvoir récolter à une bonne période de vente, après coup de vent.

Remplacement en cours de culture

Le remplacement de plants en cours de culture devrait être limité si la plantation est bien faite et les œilletonnages réalisés précocement, avec minutie. En dehors des quelques remplacements avec de grands vitroplants dans le mois suivant la replantation, la reconstitution de la densité ne devrait se faire qu'en sélectionnant deux rejets opposés.

Amendements et fertilisation

La fertilisation doit être raisonnée à partir d'indicateurs agronomiques. Les teneurs en N, P, K, Ca, Mg et oligo-éléments de la zone médiane du limbe interne de la feuille III (au moment de la floraison) sont utilisées comme indicateurs de la nutrition. Avec l'analyse régulière des feuilles et des sols, il est possible d'établir et de réajuster les programmes de fertilisation et d'amendement à un pas de temps de six à douze mois.

Principes

• La fertilisation doit corriger les déséquilibres ou les carences de manière que la plante absorbe les éléments minéraux nécessaires (en quantité et qualité) à sa croissance et à son développement.
• La fertilisation doit maintenir ou améliorer la fertilité du sol. Pour cela, elle doit compenser les prélèvements effectués par la plante mais aussi les pertes par ruissellement et drainage.
• La composition des engrais et la fréquence d'apport doivent être adaptées au type de sol et à la pluviométrie mais aussi à la méthode d'apport, par exemple manuellement ou par fertigation.
• Le bananier a besoin à tous les stades d'une alimentation optimale, équilibrée et compatible avec la protection de l'environnement. L'objectif est dans le même temps de maintenir et parfois d'améliorer la structure et la fertilité du sol.

Besoins

Le bananier a des besoins importants en azote et en potassium et stricts pour les autres éléments minéraux. Une part importante des quantités absorbées est restituée au sol à la récolte. Quant aux micro-éléments, ils sont à apporter uniquement en cas de déficience avérée.

Azote

C'est le moteur de la croissance. L'azote absorbé est obligatoirement utilisé immédiatement, il n'y a pas de stockage dans la plante. Une bonne corrélation entre azote absorbé et matière sèche est observée (fig. 1). Les besoins sont continus le long du cycle mais ils sont plus importants en fin de phase végétative (fig. 2) et une déficience au moment du passage de la phase végétative à la phase reproductive (virage floral) a un impact direct sur la taille du régime.
Les apports sont à calculer en fonction des besoins de la plante (ou de la touffe), des pertes par drainage et volatilisation, ainsi que selon la fourniture

d’azote par la minéralisation de la matière organique du sol et des déchets. Ces deux derniers processus mal connus, sont souvent sous-estimés. Les fertilisations seraient systématiquement excédentaires. La fourniture d’azote doit être la plus régulière possible.

Phosphore

Cet élément est essentiel dans les phases juvéniles, les besoins en phosphore sont faibles mais stricts. La fertilisation doit être pratiquée au cours de ces phases, c’est-à-dire à la replantation des vitroplants et à chaque œilletonnage de sélection du successeur (utilisation d’un engrais à action rapide). Sous forme de produit moins soluble, il participe au maintien de la fertilité du sol.

Potasse

Le bananier a des besoins élevés en potassium mais les restitutions ne sont pas négligeables. L’absorption de la potasse est maximale en phase d’initiation florale et pendant la montée de l’inflorescence dans le faux tronc. Le stockage important dans les feuilles et la possibilité de réutilisation autorisent une certaine souplesse dans la fourniture de cet élément par la fertilisation. Néanmoins, un équilibre optimal est nécessaire entre l’absorption de l’azote et celle de la potasse. Pour cette raison, les fertilisations azotée et potassique ne peuvent être totalement dissociées.

D’autre part, l’optimum physiologique de la plante requiert un équilibre entre les cations, notamment dans la feuille. Ainsi, le mécanisme d’absorption d’un cation (K, Ca ou Mg) par les racines dépend fortement des autres cations. Les cations retenus par le complexe d’échange cationique (CEC) du sol doivent représenter entre 60 et 85 % de la CEC et correspondre à un équilibre valable pour tous les sols.

La fertilisation potassique doit anticiper les besoins du bananier et tenir compte des apports d’azote et des déséquilibres cationiques du sol.

Calcium

Le calcium des organes âgés n’est pas mobilisable au profit des parties jeunes. Le sol doit donc en assurer une fourniture régulière.

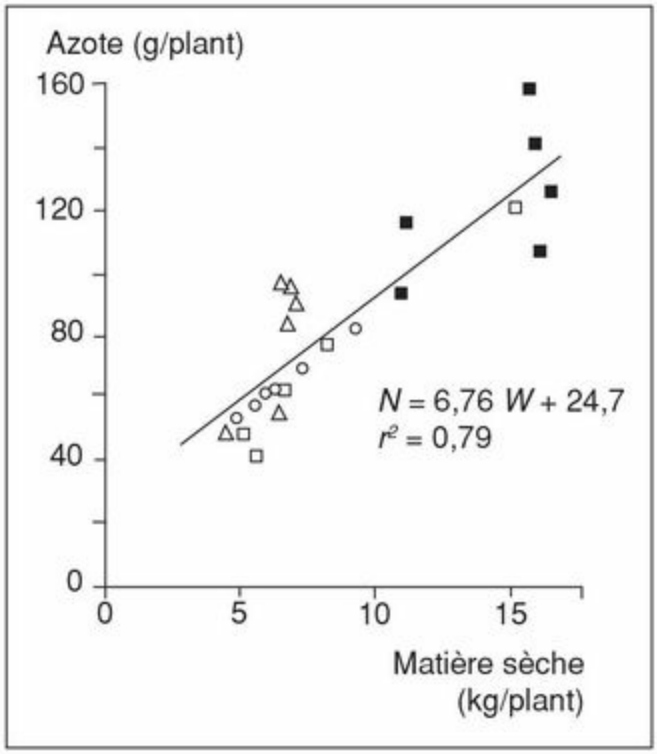
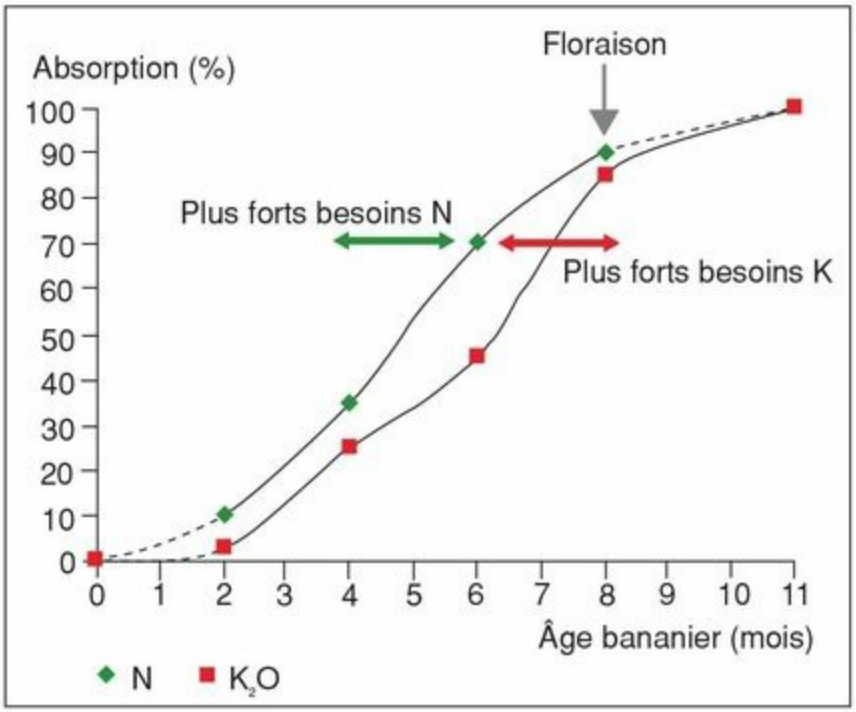


Figure 1. Liaison entre la teneur en matière sèche (MS) et la teneur en azote (N), Martinique (Cirad).

Figure 2. Pourcentage d'absorption en azote et en potassium au cours du développement du bananier, Martinique (Cirad).



Il faut bien dissocier la fertilisation calcique de la plante, de l'apport pour éviter l'acidification du sol. Étant donné son assez forte lixiviation et son absence de mobilité dans la plante, il est utile de fractionner la fertilisation calcique (toutes les 4 à 8 semaines selon la pluviométrie). Évidemment, le respect des équilibres cationiques va de soi.

Magnésie

Le magnésium des feuilles les plus anciennes migre vers les plus jeunes feuilles et le régime. Une certaine latitude est donc permise quant à la fréquence des apports. Une partie peut être apportée par des amendements. Là aussi, le respect des équilibres cationiques est indispensable.

Apports organiques

Amendements organiques

L'objectif est d'améliorer durablement les caractéristiques du sol aussi bien chimiques (taux de matière organique, CEC, pouvoir tampon), que physiques (stabilité structurale, conductivité hydrique et rétention en eau) et biologiques (activité biologique et sa biodiversité).

Il s'agit de produits ayant un rapport C/N élevé (supérieur à 24), c'est-à-dire lentement dégradables en humus.

Les apports sont faits en fonction des analyses de sol, le plus souvent juste avant plantation. Les quantités sont de l'ordre de 30 à 60 tonnes par hectare (produit frais). L'épandage est à faire sur toute la surface. Il doit être suivi d'un apport d'azote (45 à 60 kilos d'urée par hectare) pour activer la vie microbienne et éviter le risque de carence temporaire en azote de la plante.

Ces amendements organiques sont à produire sur place à partir des déchets végétaux et de déjections animales. Ils nécessitent assez souvent une préparation (broyage, mélange) et une phase de compostage.

Fertilisation organique

L'objectif des engrais organiques est de libérer lentement les éléments fertilisants tout en stimulant l'activité biologique du sol.

Il s'agit de produits largement décomposés (C/N faible compris entre 14 et 24) à teneur élevée en matière sèche, à utiliser à des doses comprises entre 1 et 3 tonnes par hectare et par apport. Ils sont à épandre comme un engrais normal (au moins sur 1 mètre carré autour de chaque bananier). Compte tenu de la libération lente des minéraux, la fréquence d'épandage est comprise entre 3 et 6 mois.

Ces engrais organiques sont disponibles sur le marché, avec des compositions diverses. Il ne faut pas les confondre avec des amendements organiques.

À noter la possibilité d'utiliser les lisiers de porc ou de bovin. Ils sont rapidement dégradés et les fertilisants sont rapidement mis à disposition de la plante, ils doivent donc être utilisés en quantités compatibles avec les besoins en fertilisants du bananier et avec la législation.

Amendements minéraux

L'objectif est d'éviter l'acidification du sol (risque de toxicité en aluminium ou en manganèse dans certains sols) en maintenant le pH au-dessus de 5,2-5,4. La structure du sol est ainsi améliorée. Il faut aussi satisfaire les exigences de l'absorption des racines de bananier : taux de saturation et équilibre entre les cations.

Les épandages sont à faire sur toute la surface. Les doses, les fréquences et la nature des produits sont à préciser obligatoirement selon l'analyse de sol.

À titre d'information, quelques recommandations.

• En sol pauvre en phosphore, apporter des phosphates tricalciques avant plantation, sans enfouissement.

• En vertisol (argiles gonflantes) riches en magnésium, ne pas utiliser de produits contenant du magnésium (dolomie, par exemple).

• Amendements calco-magnésiens en apports fractionnés, 3 fois par an sur sols de cendres et ponces et 2 fois par an sur les autres types de sol. Attention aux déséquilibres cationiques. Comme base, prévoir 600 g de dolomie par plant et par an.

Fertilisation du premier cycle après plantation

En plantation avec des vitroplants, il faut favoriser une croissance rapide dans les deux premiers mois après la mise en terre puis une sortie optimale des rejets. Bien que les besoins soient peu importants, ils doivent être couverts par des apports au minimum toutes les deux semaines (ou une fois par mois avec des engrais à libération lente). La surface d'épandage doit suivre l'extension du système racinaire sans que les engrais soient appliqués sur le pseudotronc.

Nous proposons des recommandations à titre indicatif.

Pendant les cinq premières semaines : 50 g de DAP en semaine 1 ; entre 20 et 30 g d'urée par plant par apport en semaine 3 et en semaine 5.

Ensuite, passage à la fertilisation d'entretien type :

– 100 g d'engrais de type 14.4.28 + 6 MgO, toutes les deux semaines en période pluvieuse ou toutes les trois semaines en saison sèche ;

– 100 g de KCl en semaine 9 et semaine 20, puis tous les trois mois ;

– 50 à 80 g de DAP après élimination de la première couronne.
Pour beaucoup de milieux, il est recommandé de réaliser une fertilisation en calcium et en magnésium. L'utilisation d'engrais de type 12.3.22 (N-P_2O_5-K_2O) + 5 MgO + 11,5 CaO + 2 S est un exemple respectant correctement les équilibres.

Fertilisation d'entretien

Rappelons que les objectifs de la fertilisation d'entretien sont :
– d'assurer la nutrition optimale de la plante à tous les stades de son développement (en limitant d'une part les excès, d'autre part les risques de lessivage et de pertes par ruissellement) et d'améliorer la fertilité du sol ;
– d'adapter la fertilisation aux types de sol et aux objectifs de rendement ;
– de favoriser un retour de cycle rapide grâce à un bon démarrage des rejets.
Dans la définition des apports, il ne faut pas oublier qu'à un instant donné chaque bananier est en fait une touffe de deux ou même trois générations (pied mère en floraison, fils en fin d'adolescence, petit-fils très jeune).

Programme et adaptations

Les adaptations ne peuvent se faire sans des analyses de sol avant la plantation puis des analyses de sol et de feuille au moins une fois par an. À partir de ces résultats, la fumure d'entretien et l'amendement sont programmés afin de réajuster le pH et d'éventuels déséquilibres entre les cations (K, Ca, Mg). Les carences et d'éventuelles toxicités peuvent être diagnostiquées. Un suivi annuel des mêmes parcelles permet d'affiner les programmes et de tendre vers l'optimum. Les oligo-éléments doivent être apportés seulement en cas de besoins justifiés.

Fertilisations azotée et potassique

Des ordres de grandeur des apports annuels en fonction des rendements escomptés et des types de sol sont proposés (tab. 1).
La fertigation est conseillée pour des rendements nets d'au moins 50 tonnes par hectare et par an. La dose annuelle en fertigation peut être diminuée d'environ 20 % par rapport à l'application manuelle ou mécanique.
Sur les sols salins, il ne faut pas utiliser de chlorure de potasse.

Fertilisations calcique et magnésienne

Elles sont à dissocier de l'aspect amendement. Mais leur définition est tributaire des équilibres entre potassium, calcium et magnésium (K, Ca et Mg).
En base de préparation, pour les sols autres que les vertisols (sols

magnésiens), une application par mois serait nécessaire (180 à 250 kg de CaO /ha/an et 90 à 120 kg de MgO /ha/an). L'application d'engrais contenant N, P, K, Ca et Mg (sauf en vertisols) est une solution pratique.

Fertilisation phosphatée

Une application de DAP (phosphate biammonique) ou équivalent après la sélection du rejet successeur est le minimum requis (40 à 70 kg P_2O_5 /ha).

Tableau 1. Apports annuels et hebdomadaires conseillés en azote et potassium en fonction des objectifs de rendement et des types de sol (fertilisation au sol, densité de 1 850 plants / ha).

Apports		Objectif de Rendement				
		20 t / ha	30 t / ha	40 t / ha	50 t / ha	60 t / ha
Azote	en g / pied / an	160	200	240	280	320
	en g / pied / semaine	3,10	3,80	4,50	5,40	6,15
	en kg / ha / an	300	370	450	520	590
Potassium en kg /ha/an	Andosols	720	890	1 060	1 220	1 390
	Autres sols	840	1 040	1 230	1 430	1 620
	Vertisols	960	960	1 410	1 630	1 860

Irrigation, fertigation, entretien du sol

La conduite de la bananeraie implique une utilisation cohérente des ressources en eau, un entretien constant du sol qui évite le développement des adventices, et une fertilisation adaptée aux besoins. La fertigation associe irrigation et fertilisation. Le désherbage, éventuellement au profit de résidus de culture ou de plantes de couverture, éloigne les parasites et favorise l'alimentation en eau et en fertilisants. Toutes ces pratiques doivent répondre aux critères d'une exploitation économe, productive et soucieuse de l'environnement.

Irrigation

Une utilisation cohérente de l'irrigation a plusieurs effets : optimiser le rendement en limitant les stress hydriques (excès et déficit) et les consommations excessives, et en adaptant la fréquence et la dose selon le système d'irrigation et le type de sol ; éviter les discontinuités hydriques dans le sol tout en économisant l'eau.

Quelques rappels

Le bananier est très sensible aux excès comme aux déficits en eau. Les racines sont très vulnérables à l'excès d'eau. Les premiers symptômes d'excès sont très voisins des premiers symptômes de déficit : des engorgements apparaissent, c'est-à-dire une réduction de la distance entre deux pétioles successifs (fig. 1). En revanche, un déficit sévère est plus aisé à caractériser en phase postflorale (fig. 2), il se traduit par un très fort tassement du bouquet foliaire et par la déformation des fruits.

Les termes du bilan hydrique

Tout système d'irrigation doit être conçu en prenant en compte la gestion de l'eau dans son ensemble, c'est-à-dire : les besoins de la plante (transpiration et stockage d'eau), l'évaporation par le sol, le drainage (et la capacité de rétention par le sol), la pluviométrie (répartition et ruissellement). Il est nécessaire d'évaluer au mieux le bilan hydrique :

$\Delta H = (P - R + I) - (ETR + Dr) = P + I - ETR - Dr - R$

$I = \Delta H + ETR + Dr + R - P$

ΔH, bilan hydrique

P, pluviométrie (mm / m^2) mesurée au pluviomètre

R, ruissellement, difficile à mesurer, voisin de zéro en période sèche

I, irrigation (10 m^3 / ha = 1 mm) mesurée au compteur et vérifiée au

pluviomètre
Dr, drainage, difficile à mesurer, voisin de zéro en période sèche
ETR, évapotranspiration (mm), consommation de la culture = évaporation du sol et transpiration de la plante.

Besoins de la culture, évapotranspiration

Les besoins de la culture correspondent aux besoins du bananier (transpiration) et à l'évaporation à la surface du sol.
La transpiration par la plante résulte de l'absorption de l'eau par les racines, la conduction dans les vaisseaux et son évaporation au niveau des feuilles par les stomates. Soumise en amont à l'absorption racinaire et en aval à la demande climatique, elle est régulée par l'ouverture des stomates et par les adaptations du port de la plante (fléchissement des limbes en état de stress hydrique).
L'évaporation dépend de l'ombrage provoqué par la culture et de la demande climatique.

Évapotranspiration maximale d'une culture (ETM)

L'évapotranspiration maximale (ETM) d'une culture peut être estimée par rapport à la consommation d'une pelouse en bonnes conditions hydriques, appelée évapotranspiration potentielle, ETP.
ETM = kETP.
Le coefficient cultural k dépend de la culture et de son stade de développement.
Pour le bananier, k est compris entre 0,7 et 1,2 selon le stade de développement. En parcelles établies, k est égal à 1,2.

Réserve utile en eau dans le sol (RU)

C'est la quantité d'eau contenue dans le sol (exprimée en mm) entre la capacité au champ et le point de flétrissement permanent.
La capacité au champ (pF = 2,0) est l'humidité à partir de laquelle le sol ne draine plus, le point de flétrissement permanent (pF = 4,2) est l'humidité théorique à partir de laquelle les plantes ne peuvent plus extraire l'eau du sol.

Figure 1. Engorgement non permanent dans le bouquet foliaire : caractéristique aussi bien d'un excès que d'un déficit hydrique (Cirad).

Figure 2. Effet d'un fort déficit hydrique au stade postfloral : engorgement sévère, fruits courts et courbes (Cirad).

Réserve utile (mm) = (humidité à pF 4,2 - humidité à pF 2,0) x densité apparente x profondeur de sol exploitée (mm) / 100

La notion de réserve utile (RU) est très théorique. On lui préfère la notion de réserve facilement utilisable (RFU) qui est comprise entre le tiers et la moitié de la RU.

Le bananier n'extrait facilement l'eau du sol que jusqu'à une tension de 300 mbar. C'est un seuil d'humidité en deçà duquel il n'est pas souhaitable de se situer. Entre 0 et 75 mbar, le sol est trop humide et on observe des difficultés de croissance des racines.

Pour piloter l'irrigation, on visera à ce que le sol reste entre la capacité au champ et ce seuil de 300 mbar.

Bilan hydrique

$I = \Delta H + ETR + Dr + R - P$

En période de déficit hydrique, on peut le plus souvent négliger le ruissellement (R) et le drainage (Dr). En considérant que l'humidité du sol est satisfaisante et doit rester constante, le besoin en irrigation est aisé à calculer :

Irrigation (I) = 1,2 x évapotranspiration (ETP) - pluviométrie (P)

Pour une bonne gestion de l'irrigation, il est nécessaire de disposer d'indicateurs de l'état hydrique du sol. Sinon, on peut aboutir soit à des excès d'eau soit à un assèchement du sol. L'utilisation de tensiomètres est fortement recommandée. On peut considérer que l'irrigation est nécessaire si la pluviométrie annuelle est inférieure à 2 500 mm, avec moins de 35 mm par semaine. L'irrigation est « utile » si la pluviométrie annuelle est inférieure à 3 000 mm, avec moins de 35 mm par semaine.

Pilotage de l'irrigation : ni excès ni déficit

Sauf pour les vertisols (ou argiles gonflantes), les tensiomètres (fig. 3) permettent de mesurer la dépression correspondant au potentiel de rétention de l'eau par le sol (fig. 4). Cette valeur peut être utilisée directement comme indicateur du statut hydrique. Il est aussi possible de déduire le pourcentage d'humidité du sol de cette mesure à partir d'un abaque spécifique à chaque sol (fig. 5).

La tension est inversement proportionnelle à la teneur en eau du sol, mais la relation est différente selon les types de sol. Ainsi, entre les bornes 75 et 300 mbar, l'écart d'humidité du sol est de 11 % pour les andosols sur cendres et ponces, de 20 % pour les sols brun rouille et de 13 % pour les vrais andosols.

Pour gérer l'irrigation par aspersion, bien que le fonctionnement hydrique du sol sous bananeraie soit complexe, il a été montré qu'une batterie de 3

tensiomètres implantés à 30 cm de profondeur et localisés dans l'interligne constitue un bon outil de gestion des doses et des fréquences des apports. En irrigation localisée, une implantation dans le bulbe d'humectation et au bord de celui-ci permet la gestion de l'irrigation selon un schéma similaire.

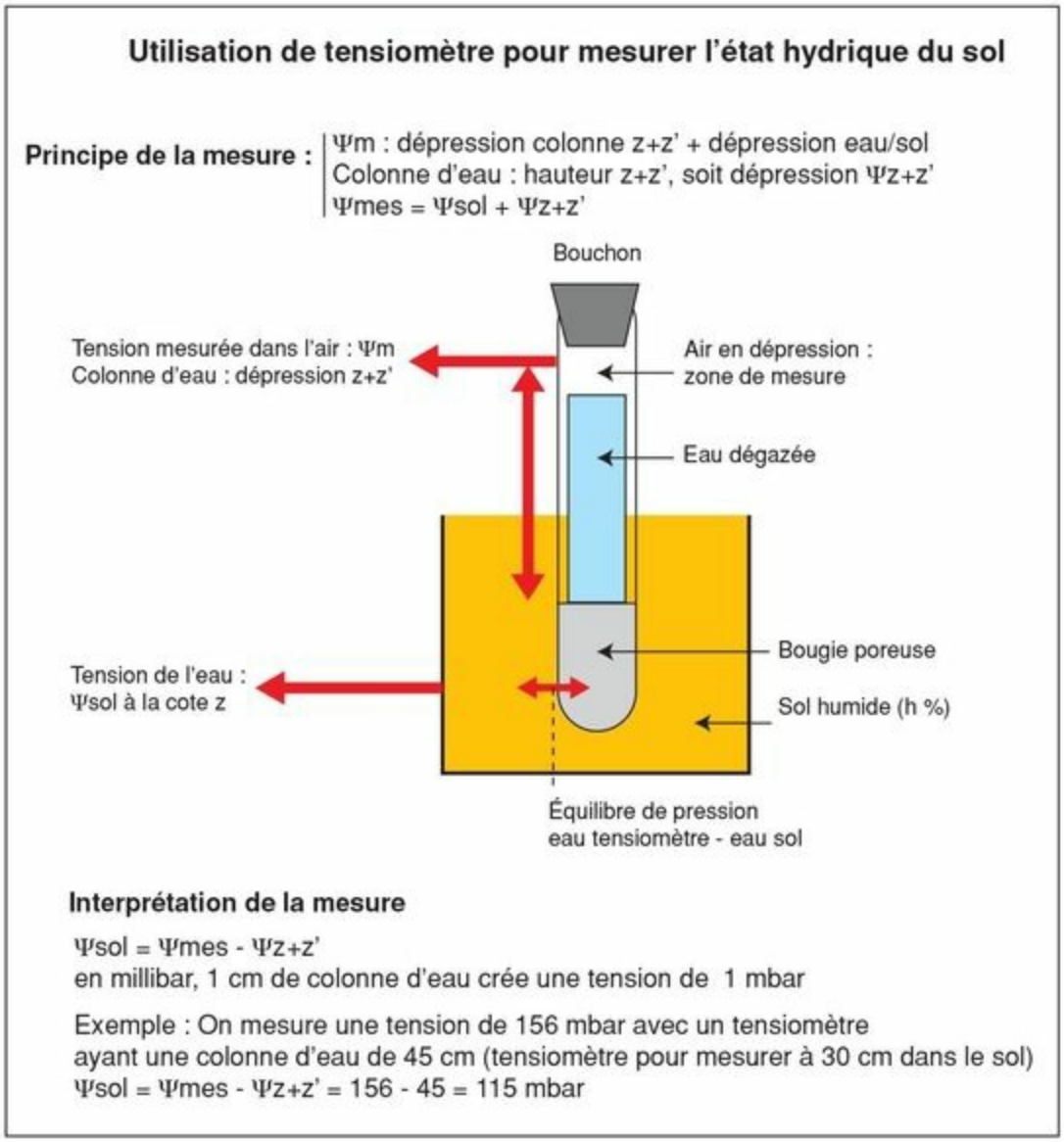

Utilisation de tensiomètre pour mesurer l'état hydrique du sol
Principe de la mesure :
Ψm : dépression colonne z+z' + dépression eau/sol
Colonne d'eau : hauteur z+z', soit dépression Ψz+z'
Ψmes = Ψsol + Ψz+z'
Bouchon
Tension mesurée dans l'air : Ψm
Colonne d'eau : dépression z+z'
Air en dépression :
zone de mesure
Eau dégazée
Bougie poreuse
Tension de l'eau :
Ψsol à la cote z
Sol humide (h %)
Équilibre de pression
eau tensiomètre - eau sol
Interprétation de la mesure
Ψsol = Ψmes - Ψz+z'
en millibar, 1 cm de colonne d'eau crée une tension de 1 mbar
Exemple : On mesure une tension de 156 mbar avec un tensiomètre
ayant une colonne d'eau de 45 cm (tensiomètre pour mesurer à 30 cm dans le sol)
Ψsol = Ψmes - Ψz+z' = 156 - 45 = 115 mbar

Figure 3. Principe du tensiomètre (documentation commerciale).

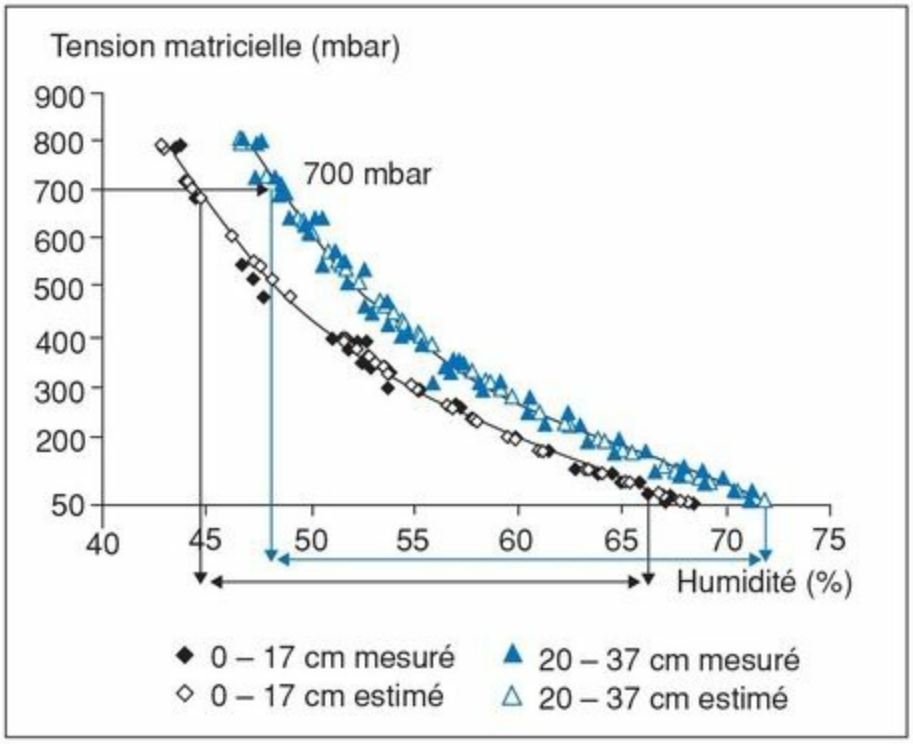
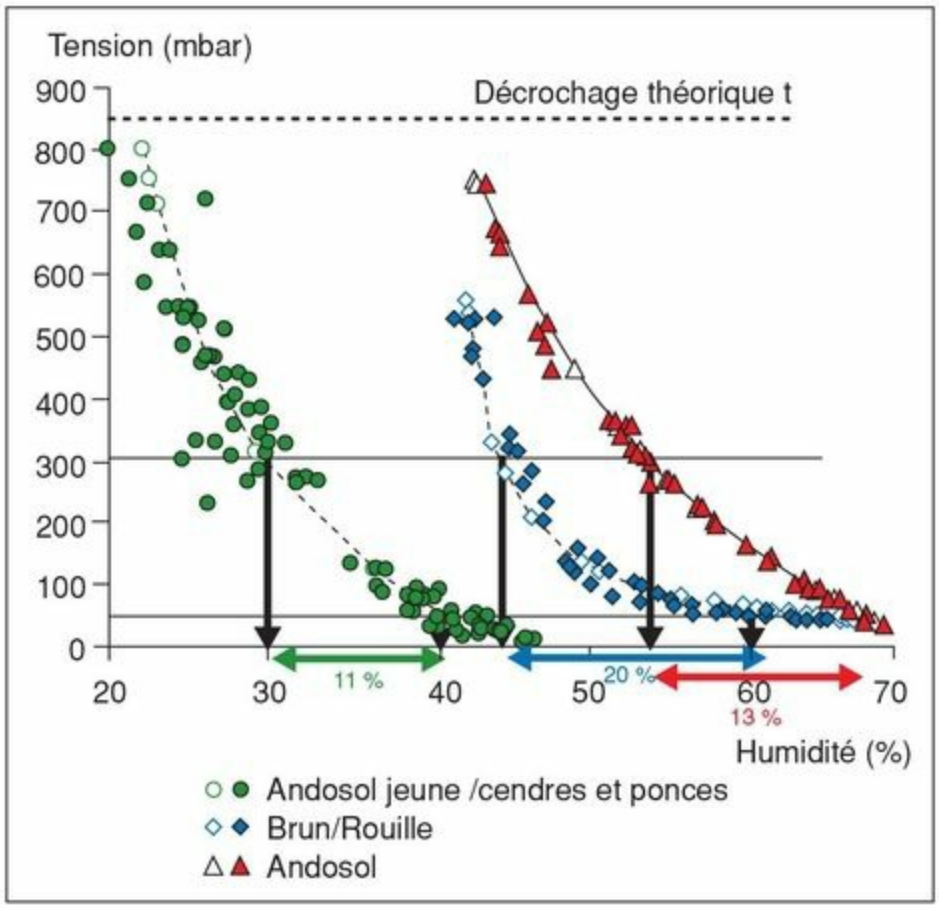


Figure 4. Relation entre la tension matricielle et l'humidité du sol, Martinique (Cirad).

Pour les vertisols, un système de sondes Theresa a été mis au point par l'Inra (fig. 6). Mais cet outil n'est pas encore assez fiable. Il semble qu'un problème de dérive sur les mouvements relevés nuise à leur application sur certains vertisols.

Figure 5. Incidence du type de sol sur la relation entre la tension matricielle et l'humidité du sol, Martinique (Cirad).


Tension (mbar)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Décrochage théorique t
20
30
40
50
60
70
11 %
20 %
13 %
Humidité (%)
Andosol jeune /cendres et ponces
Brun/Rouille
Andosol

Lorsque le sol est idéalement pourvu d'eau, les pores tubulaires sont remplis ①. La matrice argileuse ② n'est pas tout-à-fait à son humidité maximale, de sorte que subsistent des fissures fines ③ permettant l'aération du sol en profondeur. L'index vert ④, qui montre que la réserve disponible contient de l'eau, est alors visible.

Déclenchement de l'irrigation

Les plantes satisfont pleinement leurs besoins en eau en vidant les tubes fins ⑤ de la réserve disponible. Ensuite, elles commencent à consommer l'eau de la matrice argileuse ⑥, mais leur croissance est alors ralentie ; il est temps d'irriguer. La perte d'eau de l'argile provoque un retrait, qui se traduit par un élargissement des fissures ⑦, et par une diminution de l'épaisseur de la couche de sol ⑧, qui fait descendre le manchon ⑨ du transducteur THERESA. Cette baisse entraîne l'émergence de l'index jaune ou orange ⑩, qui avertit de la nécessité d'irriguer.
⑪ Point de visée.

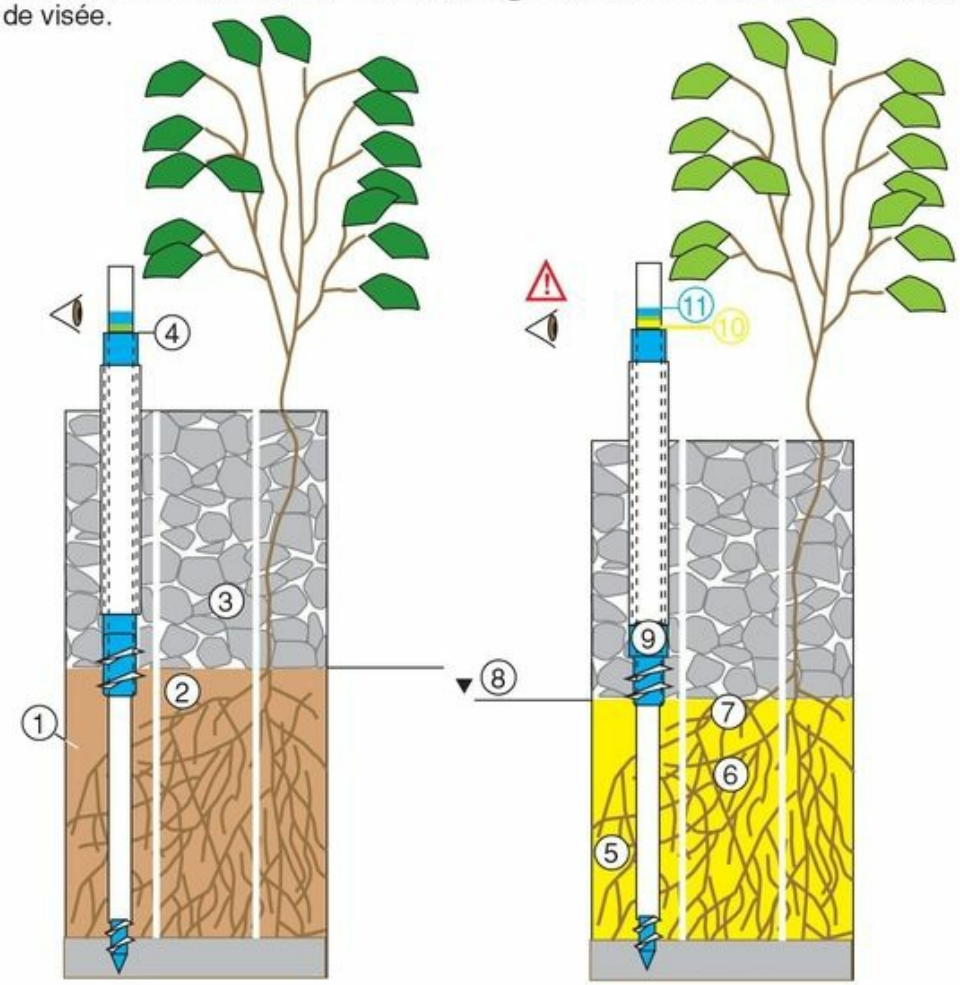


Figure 6. Principes de la sonde Theresa (documentation commerciale).

Types d'irrigation

Chaque système d'irrigation présente des avantages et des inconvénients. Le choix n'est pas exclusivement technique. Pour une bonne gestion, l'implantation doit tenir compte, en particulier, des types de sol et de la topographie (vannes sur des lignes perpendiculaires à la pente).

Irrigation par aspersion sur frondaison

Dans ce cas, la répartition de l'eau sur le couvert est proche de celle de la pluie (zone d'humectation privilégiée au pied du bananier). Ce système est peu économe en eau et en énergie car la part d'eau évaporée n'est pas négligeable. Il nécessite de fortes pressions. Par ailleurs, il favorise le développement de la cercosporiose et pose d'importants problèmes de répartition en périodes d'alizés.

Irrigation par aspersion sous frondaison

La répartition de l'eau est homogène sous le couvert et assure un rechargement homogène du profil. Elle favorise l'enherbement, notamment en cas de fertigation. Moins consommateur d'énergie, ce système est plus cher à l'achat que le précédent.

Irrigation au goutte-à-goutte

C'est à priori la plus économe en eau (fig. 7). Cependant, la maîtrise des doses et des fréquences n'est pas toujours optimale et on peut aboutir à un excès d'irrigation. Une seule ligne de goutteurs étant généralement disposée sur chaque ligne de bananier, les bulbes humectés par les goutteurs ne couvrent pas la surface totale, créant en carême (saison sèche) une zone non irriguée et une zone d'humectation privilégiée. C'est pourquoi, dans les grandes exploitations, la tendance est de mettre en place deux lignes de goutteurs. Un démarrage rapide de l'irrigation lorsque les pluies s'interrompent est nécessaire pour que le bananier s'adapte progressivement. Les problèmes de vérification d'absence de fuites et l'entretien des goutteurs sont les inconvénients majeurs de ce type d'irrigation.

Divers

D'autres dispositifs sont encore utilisés, mais avec une forte consommation en eau : irrigation à la raie, ou au drain, arrosage par lame d'eau sur toute la surface.

Des adaptations sont faites aussi selon les dispositifs de plantation. C'est le cas des implantations en touffes de 6 bananiers, un minijet est alors placé au centre de la touffe.

Figure 7. Irrigation au goutte-à-goutte (Cirad).

Fertigation

La fertigation, fertilisation apportée en irriguant, répond à quatre objectifs : économie de main-d'œuvre ; nutrition continue de la plante (régularité des apports) ; réduction des quantités d'engrais par fractionnement (moindres pertes par lixiviation) ; amélioration de la qualité par une fertilisation la plus complète et régulière possible.

Avantages et contraintes

La réduction de la quantité d'engrais est de l'ordre de 20 % par rapport à la fertilisation manuelle. La fertigation permet de réduire la main-d'œuvre dévolue à l'épandage des engrais. Il reste cependant celui des amendements. Les programmes d'engrais doivent être modifiés pour passer en formules solubles, qui sont souvent plus onéreuses.

La fertigation est surtout utilisée en aspersion sous frondaison ou au goutte-à-goutte (pas de risque de brûlure des feuilles et des fruits). Dans la majorité des plantations, elle n'est réalisée qu'en dehors des périodes de fortes pluviométries. Néanmoins, au goutte-à-goutte, les doses d'eau apportant la fertilisation pouvant être inférieures à 2 mm, il est possible de maintenir les apports toute l'année.

Choix des engrais et fréquence

Les engrais sont choisis en fonction de leur solubilité dans l'eau, mais aussi de leur compatibilité (possibilités de mélange). Il est généralement

indispensable de disposer de deux bacs de solution pour éviter les incompatibilités et limiter la concentration.
La fréquence minimale est d'une fois par semaine pour l'azote et la potasse. Pour le calcium, le magnésium et le phosphore, une fois toutes les quatre semaines est raisonnable. Dans les bananeraies équipées en goutte-à-goutte, la tendance est d'apporter quotidiennement la fertilisation (souvent 6 jours sur 7).

Maîtrise de l'enherbement

L'objectif est triple : réduire la concurrence des adventices tout en utilisant le minimum d'herbicides ; éviter tout risque de phytotoxicité sur le bananier ; prévenir la pollution des eaux et des sols.
L'enherbement a une incidence non négligeable sur l'alimentation minérale (fig. 8) et hydrique du bananier. Il peut favoriser le maintien ou le développement de certains parasites : nématodes (*Radopholus similis* et *Meloidogyne*), thrips, pucerons et virus (CMV).
Hormis en phase d'installation, l'important ombrage sous bananiers réduit la vitesse de développement des adventices et favorise les espèces ombrophiles. Il est essentiel de maintenir une couverture végétale régulière grâce à une bonne gestion des populations de bananiers.
En dehors de l'utilisation d'herbicides, de nouvelles méthodes sont à l'étude : entretien par gyrobroyage d'une pelouse ; mise en place de plantes de couverture ; réalisation d'un paillis avant de planter (mulch) ; gestion des déchets de culture.

Période de replantation et jeune bananeraie

La période de plantation et de démarrage est la période la plus sensible à l'enherbement du fait de l'absence d'ombrage qui favorise le développement des adventices. En bananeraie nouvellement plantée, les risques de phytotoxicité sur les feuilles ne sont pas négligeables.
Les jeunes vitroplants tolèrent mal les herbicides (fig. 9) et sont facilement contaminés par les viroses. Les Commélinacées sont des réservoirs du virus de la mosaïque en plage (CMV), les pucerons sont abrités dans le couvert d'adventices.

Plantation avec mulch

Un désherbage total, 10 à 15 jours avant plantation, avec un produit systémique permet de compléter l'efficacité du paillis et évitera tout traitement au cours des trois mois suivants. Un seul herbicide de contact est à envisager (par taches) jusqu'en début de récolte, ou bien la destruction

manuelle.

Figure 8 Incidence de l’enherbement sur la nutrition du bananier : apparition d’une déficience en azote (Cirad).

Figure 9. Sensibilité du bananier aux herbicides : phytotoxicité du glyphosate si contact avec les feuilles ou le faux tronc (Cirad).

Plantation sans mulch

Un désherbage total, 10 à 15 jours avant plantation, avec un produit systémique est à réaliser de façon à ne pas traiter juste après mise en terre des vitroplants. Au maximum un mois après, utiliser un herbicide de contact en applications régulières jusqu'à la couverture totale par le bananier, ou bien faire un entretien manuel. En lignes jumelées ou en touffes (fig. 10 et 11), le désherbage rapproché (jusqu'à 80 à 100 cm des bananiers) peut se faire à la main, le reste avec un herbicide ou même mécaniquement (gyrobroyeur, débroussailleuse).

Figure 10. Maîtrise de l'enherbement sur un dispositif en lignes jumelées : herbicide dans le grand intervalle (Cirad).

Figure 11. Maîtrise de l'enherbement sur un dispositif en touffes : désherbage manuel au centre de la touffe, herbicide à l'extérieur (Cirad).

En bananeraie établie

En pratique, en bananeraie établie, la destruction régulière des adventices vise une réduction progressive de la pression parasitaire par épuisement des stocks de graines présents près de la surface du sol. Elle se réalise par taches et non sur toute la surface. Le traitement doit évidemment être réalisé avant épiaison des adventices.

Cette stratégie a l'inconvénient de sélectionner des espèces adaptées à l'ombre qui grainent très vite (ortie rouge…) ou des plantes difficiles à

détruire avec les herbicides *(Commelina benghalensis, Cyperus rotondus…)*. Cela nécessite le plus souvent des traitements par taches répétés (équivalent de 2 ou 3 applications généralisées par année).

Gestion des résidus de culture au champ

L'objectif est d'assurer une couverture du sol régulière grâce aux résidus de culture pour limiter l'enherbement et l'érosion en nappe. Par ailleurs, ces résidus de culture contribuent au cycle de la matière organique et participent au recyclage des éléments fertilisants.

L'optimum est de disposer les résidus (pseudotroncs dépecés et feuilles) sur toute la surface.

Le plus pratique, pour la mécanisation et la circulation des ouvriers agricoles, est de faire des andains dans le petit rang ou un rang sur deux dans les dispositifs réguliers.

Le travail du sol en cours de culture est rarement recommandé compte tenu de la répartition du système racinaire, superficiel et très étalé. En sol sur cendres et ponce, où les souches sont quasi posées sur le sol, il est possible de faire un léger buttage, manuellement ou à la rigoleuse, en prenant la terre dans les fossés antiérosifs.

Partie V
Soins aux fruits et récolte

Parasitisme sur fruits du stade fleur pointante à la mûrisserie

L'état sanitaire des fruits est une composante essentielle de la qualité marchande des bananes.

La qualité du fruit s'acquiert d'abord au champ par les soins apportés au régime dès qu'il pointe au centre du bouquet foliaire. Ensuite, les conditions de récolte, de transport et de conditionnement peuvent amplifier les risques d'infection par les blessures, les conditions de propreté des infrastructures, les matériels, les outils et l'eau.

Dégâts entre le stade fleur pointante et la récolte

Dans les bananeraies où la lutte chimique contre les parasites telluriques fut intense, l'abandon de ces pratiques semble entraîner une recrudescence des infections sur le régime.

Insectes

Thrips de la fleur

Frankiniella parvula (Hood) (Thysanoptères) (TH). Petits insectes au corps allongé et aux ailes ciliées, disposés sous les bractées et pièces florales des jeunes régimes. Le cycle de l'œuf à l'adulte est de 13 jours et la nymphose s'effectue dans le sol au pied des bananiers. L'attaque débute très tôt, 2 à 3 semaines après le stade fleur pointante. Les dernières mains sont toujours les plus attaquées.

Sur le point de ponte apparaissent des ponctuations noires protubérantes, avec une auréole vert foncé (fig. 1). Il n'existe pas de moyens de lutte directe, mais l'épistillage et une ablation précoce du bourgeon mâle limitent l'impact des thrips.

Thrips de la rouille argentée

Elixothrips brevisetis (Bagnall) (Thysanoptères) (RD) est responsable de la rouille argentée, *Hercinothrips femoralis* a quasiment disparu.

Le cycle de l'œuf à l'adulte dure environ 15 jours. Ces thrips vident les cellules ce qui induit des plages décolorées et argentées sur la peau des fruits (fig. 2). Elles brunissent et se subérifient au cours du temps. Bien que superficielles, ces lésions sont préjudiciables à la commercialisation. Lorsque l'attaque est importante, des dégâts apparaissent à la base des feuilles.

La lutte doit être préventive. Le gainage est très efficace s'il est réalisé au stade tête de cheval. Les gaines doivent être bien fixées à la hampe et plus

longues que le régime de 20 à 30 cm. Désherbage, coupe des feuilles et œilletonnage doivent être effectués au bon moment. Lorsque les dégâts sont visibles à l'œil nu, il est trop tard pour intervenir efficacement.

Thrips de la rouille rouge

Chaetanaphothrips orchidii (Moulton), *Chaetanaphothrips leeuweni* (Karny), *Danothrips trifasciatus* (Sakimura) (Thysanoptères) (RR) provoquent la rouille rouge.

Les nymphoses s'effectuent dans le sol, le cycle œuf-adulte dure environ 15 jours. L'attaque se manifeste par une plage rugueuse localisée sur la zone de contact entre 2 doigts (fig. 3), causée par la prise de nourriture de ces thrips videurs de cellules. Bien que superficielles, ces lésions sont préjudiciables à la commercialisation.

La lutte s'organise comme dans le cas de la rouille argentée.

La fumagine (SM)

La fumagine est constituée de champignons au mycélium noir qui souille les fruits (fig. 4), sans attaquer les cellules végétales. Ils se nourrissent du miellat (glucides) secrété par les cochenilles farineuses *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell), *Ferrisia virgata* (Cockerell) et les pucerons, rarement des aleurodes *Aleurodicus dispersus* (Russell), *Aleurothrixus floccosus* (Maskell).

La lutte chimique s'est révélée peu ou pas efficace du fait d'une forte capacité de développement des populations de cochenilles et de pucerons. De plus, leur expansion est favorisée par un allié de taille : les fourmis. Il est essentiel de trouver des solutions alternatives aux traitements chimiques.

Autres insectes

Les cochenilles diaspines, *Aspidiotus destructor* (Signoret), *Hemiberlesia lataniae* (Signoret), ne produisent pas de miellat et n'induisent pas de désordre physiologique. En revanche, leur présence sur les doigts peut être préjudiciable à la commercialisation.

Les araignées rouges, *Tetranychus tumidus* (Banks), *T. gloverii* (Banks), sont sans importance pour la commercialisation des régimes.

Maîtrise des populations d'insectes sur les régimes

Un équilibre est à rechercher entre les populations parasites de thrips, pucerons, cochenilles..., et leurs auxiliaires. Par exemple, en Martinique, il a été trouvé des punaises prédatrices de thrips, des coccinelles prédatrices d'acariens et de cochenilles diaspines.

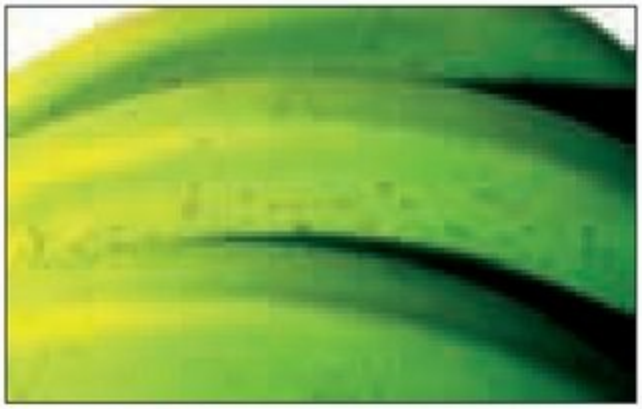


Figure 1. Thrips de la fleur : dégâts sur fruits (Cirad).

Figure 2. Thrips de la rouille argentée : dégâts sur fruits (Cirad).

Figure 3. Thrips de la rouille rouge : dégâts (Cirad).

Figure 4. Fumagine : conséquence de l'infestation par des cochenilles (Cirad).

Il faut que les populations de parasites restent suffisamment faibles, mais maintenir en même temps leurs ennemis. La relation entre les homoptères et les fourmis étant très forte, si les populations d'hyménoptères venaient à disparaître, le nombre de cochenilles diminuerait.

Pour limiter les populations de thrips, le gainage au stade tête de cheval est très efficace.

Champignons parasites

Les champignons parasites détectés ont une incidence faible sur les bananiers : *Deightoniella torulo*sa (SK) lié à un déficit en manganèse, *Trachysphaera fructigena* (CE), appelée maladie du bout de cigare, présent en altitude et *Verticillium theobromae* (TC). Pour s'en prémunir, épistillage et gainage précoces sont conseillés.

Autres causes de dégâts

Speckling et red speckling

Les symptômes de speckling sont des petites taches graisseuses avec un point brun au centre, sans relief à la récolte ; ils évoluent très peu après récolte. Le speckling est attribué à tort au *Deigthoniella* sp.

Le red speckling évolue en taches brun rouge à la sortie de mûrisserie (fig. 5), alors qu'il n'est pas visible à la récolte. Les causes sont très mal connues.

Fruits atrophiés et droits

Le faible grossissement (atrophie) des fruits, dont la pulpe devient rouge à marron (fig. 6), proviendrait d'une attaque de bactérie de type *Erwinia*.

À signaler

• On peut observer des dégâts de chenilles, escargots et limaces qui rongent l'épiderme ; de coléoptères (*Diaprepes* spp.) et même de cétoines (fig. 7).

• Les grattages d'animaux (SC) dus aux rongeurs, chauves-souris, oiseaux

peuvent être limités par un bon entretien des parcelles, les soins apportés aux régimes et la dératisation.

• La pourriture du rachis (fig. 8) à la base du régime peut apparaître en période de très forte humidité dans des parcelles peu aérées et peu éclairées. Pour limiter les risques, il est recommandé de conserver un tire-sève sur la dernière main enlevée.

• Les brûlures d'ordre chimique comme des taches d'huile (CI) et des traces de pesticides (RE) sont évitables par un gainage précoce.

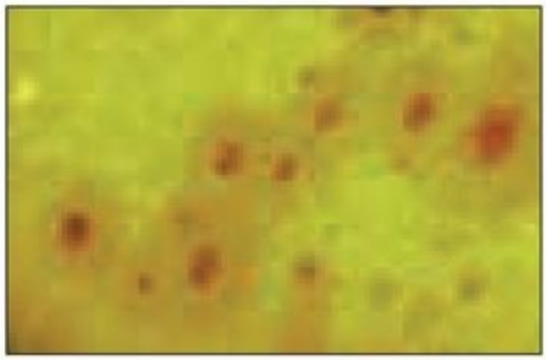


Figure 5. Red speckling : petites taches graisseuses brun rouge à maturité des fruits (Cirad).

Figure 6. Pulpe rouge saumon *(Erwinia)* de fruits atrophiés (Cirad).

Figure 7. Griffures par des cétoines (Cirad).

Figure 8. Pourriture de la base du rachis pouvant remonter dans la hampe et affecter les mains de bananes (Cirad).

Dégâts en postrécolte

Les champignons provoquant des maladies après la récolte sont largement présents dans les bananeraies et donc sur les régimes non protégés. Ainsi, la maîtrise des infections commence dès la sortie de l'inflorescence au sommet du bouquet foliaire.

À partir d'une contamination au champ

Anthracnose de quiescence et chancre

Il s'agit quasi exclusivement du chancre ou anthracnose causé par *Colletotrichum musae* sur pédoncule (NR), sur couronne (CR), ou sur fruit (PR).

Deux formes de symptomatologie sont à retenir :

– l'anthracnose de quiescence, reconnaissable à des taches brunes visibles en sortie de mûrisserie ;

– le chancre ou anthracnose de blessure, repérable par de larges nécroses sur

les doigts meurtris à la récolte ou au cours de l'emballage, observables avant l'entrée en mûrisserie.
Dans les deux cas, apparaît une nécrose allongée, de couleur brune ou noire. L'infection s'étend au fur et à mesure que le fruit mûrit. D'abord limitée à la peau, elle gagne progressivement la pulpe.
Ces symptômes ne se développent jamais sur les fruits avant la récolte. L'anthracnose de quiescence pénalise peu la valeur commerciale des fruits du fait de son développement tardif. En revanche, les dégâts dus au chancre sont précoces, car ce champignon infecte les fruits au champ et possède une forme de conservation (appressoria) jusqu'au mûrissement des doigts. À la récolte, il n'est pas possible de voir à l'œil nu si les fruits sont infectés mais un test de dépistage est réalisable plus de trois semaines avant la coupe.
Les fruits sont contaminés principalement au cours du premier mois après la floraison. Les spores disséminées par l'eau se développent sur les organes en début de décomposition (vieilles feuilles, bractées et surtout pièces florales). La maîtrise du chancre doit donc commencer au champ puis se poursuivre au hangar.

À mentionner : la rouille physiologique ou rouille de maturité

Elle correspond aux mûrs d'arrivage. La maturité précoce est liée à un stress physiologique ou, le plus souvent, à des erreurs de marquage de floraison et de gestion du stade de récolte. La rouille de maturité (MS) est décelable au hangar : des lignes rouille apparaissent entre les doigts qui sont souvent à un grade trop élevé.

À partir d'une contamination après la récolte

Les contaminations sont celles d'une flore normale de dégradation endémique des matériels et des matériaux et particulièrement des stations d'emballage. Cette flore se développe sur la moindre blessure ou meurtrissure et donc à fortiori sur les découpes de coussinets. On peut signaler : *Fusarium* sp., *Cephalosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Nigrospora* sp., *Verticillium* sp., etc., et parfois des bactéries. En prévention, il faut en priorité respecter des normes d'hygiène et réduire les risques de contamination par blessures ou meurtrissures.

Maîtrise de la flore des parasites sur fruits

La lutte contre le chancre est une priorité, elle sert aussi à restreindre les autres infestations secondaires. Pour réduire les applications de fongicides en postrécolte, il faut diminuer la pression d'inoculum potentiel, limiter les blessures sur les fruits et assurer une application efficace et homogène du

fongicide à l'atelier, avant l'emballage après le lavage et la mise en paniers.

Mesures préventives au champ

Le gainage précoce au stade tête de cheval est indispensable. Il protège aussi contre les thrips et améliore la croissance des fruits en longueur et en grade. Un retard d'une ou deux semaines fait perdre tous ces avantages.

L'épistillage au champ combiné à un gainage au stade doigts horizontaux offre une meilleure protection mais cette technique est plus coûteuse et n'a pas les avantages d'un gainage précoce. Pour limiter l'inoculum, il faut couper les vieilles feuilles le long du pseudotronc et enlever les bractées sur le régime.

Mesures préventives après la coupe du régime

C'est un domaine bien trop souvent sous-estimé ou carrément oublié. Des précautions importantes sont à prendre pour réduire les risques d'infestations. La propreté des abords (sans déchets organiques) et de la station (bacs, sol, matériels) contribue très largement à l'hygiène nécessaire, mais elle est trop souvent négligée ou oubliée.

• L'évacuation des résidus végétaux doit être continue (fig. 9). Éviter les chocs et blessures tant au cours du transport que pendant l'usinage est capital pour limiter le risque de chancre.

Figure 9. Une attention permanente est à apporter à la propreté de la station d'emballage, en particulier l'évacuation rapide des résidus végétaux du conditionnement (Cirad).

• L'obtention d'une coupe franche des coussinets avec un couteau propre et aiguisé limite la surface de contact potentiel avec l'inoculum.

• L'utilisation d'une eau propre (voire recyclée et traitée) en particulier pour le rinçage des bouquets conditionne grandement la diminution du risque des

infestations secondaires par la flore de dégradation.
• L'emballage des fruits dans des cartons polybag non perforés fermés hermétiquement permet d'augmenter le temps de conservation.
• Le délai de mise en froid des cartons ne doit pas excéder 12 heures.

Traitement postrécolte

Le lavage des bouquets se fait soit par trempage soit par aspersion (fig. 10).

Figure 10. Lavage des bananes par aspersion avant le traitement postrécolte (Cirad).

Mode d'application

L'application de fongicide devrait être réalisée par aspersion. Parfois, lorsque l'inoculum est très faible, la technique consiste à imprégner uniquement la découpe du coussinet avec un pinceau, La solution de fongicide est utilisée soit en circuit ouvert — perte de solution —, soit en circuit fermé — tenir compte de la dilution avec le nombre de fruits traités.
Le mode d'application d'avenir sera probablement celui du circuit fermé avec un ajustement régulier de la concentration et l'utilisation de la même solution pendant une semaine. La pollution peut être limitée en récupérant le fongicide des eaux de traitement — ce qui devrait devenir systématique — et en recyclant et traitant les eaux de lavage et de rinçage.

Fongicides

Les fongicides reconnus efficaces contre le chancre sont le thiabendazole (Mertect 20 S : 200 ml/100 l) et le bitertanol (Baycor 300 EC : 70 ml/100 l). L'imazalil (Fungaflor) serait moins efficace. L'efficacité des fongicides dépend de la qualité d'application définie par la durée de traitement et le débit.
Le traitement de base recommandé est : 51 de solution pulvérisée par panier *(tray)* pendant 30 secondes avec 12 buses d'un débit de 0,90 1 par minute.

À l'avenir : ne pas traiter

L'avenir est à l'absence de traitement postrécolte pour obtenir un produit propre. Il faut donc dès maintenant concevoir des stations de conditionnement qui respectent les règles de propreté des industries alimentaires et suivent l'obligation de protéger l'environnement en mettant en œuvre le recyclage et l'épuration des eaux.

NB : les lettres majuscules entre parenthèses correspondent à la codification des dégâts (causés par des maladies, ravageurs etc.) utilisée au niveau de l'ensemble du marché bananier d'exportation.

Soins aux fruits du stade fleur pointante à la récolte

La qualité du fruit s'acquiert tout d'abord au champ : par l'itinéraire technique pratiqué et ensuite par les soins apportés à l'inflorescence dès son apparition au centre du bouquet foliaire. La fiabilité de ces opérations a un effet déterminant tant sur l'aspect extérieur et les dimensions des bananes que sur la qualité intrinsèque du fruit, donc sur les risques de maladies postrécolte, la durée de vie verte, la résistance physique. En outre, il faut protéger les bananiers contre la verse dès que le régime est sorti, car on sous-estime trop souvent l'importance de ces pertes.

Qualité commerciale des fruits

Trois points principaux définissent la qualité des fruits au sens large.

• La forme et la taille des doigts. C'est-à-dire la longueur, le grade et la courbure mais aussi les malformations comme les fruits doubles (FF), latéraux, malformés (ML), les chimères (CH).

• L'aspect des fruits : lié surtout aux grattages foliaires (LF) mais aussi aux dégâts des animaux (SC), escargots (SI), ficelles (SR), gaines, brûlures dues aux coups de soleil (YB, SV) et aux produits chimiques (CI).

• Les effets du parasitisme. Il influe sur l'aspect des bouquets et aussi sur les risques de pourriture postrécolte, en raison de la présence d'inoculum sur les fruits avant récolte.

Formation et taille des fruits

La longueur est mesurée de l'apex au point d'attache sur le coussinet. Le grade est le diamètre pris dans la partie médiane et perpendiculairement au plan de courbure des fruits.

Croissance du fruit médian de la seconde main

Allongement de l'ovaire

Il est très élevé pendant les deux semaines encadrant le stade fleur pointante (fig. 1). En dix jours, la longueur est multipliée par 2,5. Lorsque la bractée se relève, les fruits ont atteint 60 à 65 % de leur longueur finale et plus de 90 % au stade dernière main femelle horizontale (fig. 2).

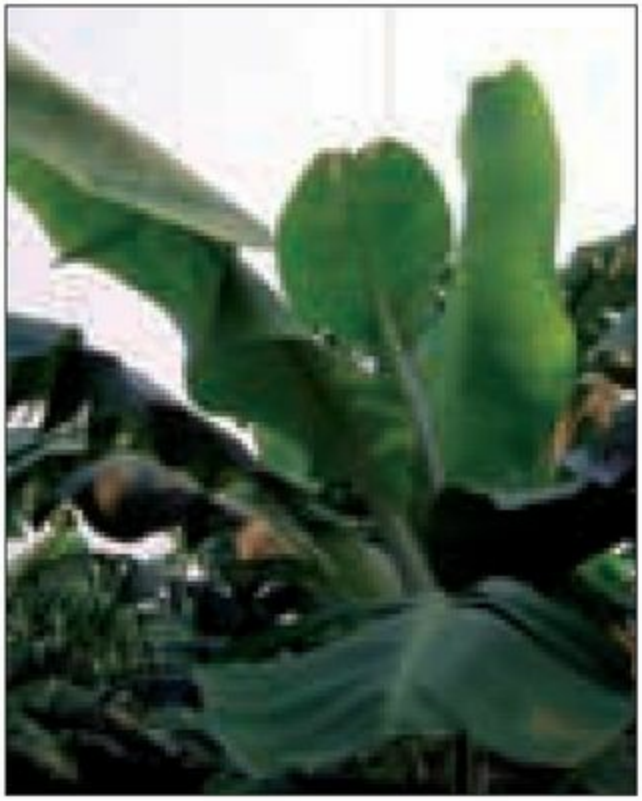


Figure 1. Inflorescence au stade fleur pointante (Cirad).

Figure 2. Inflorescence au stade dernière main femelle horizontale (Cirad).

Accroissement du diamètre du fruit

Il est également très élevé pendant les deux semaines encadrant la fleur sortante. Contrairement à la longueur, la vitesse du grossissement du fruit est sensiblement constante jusqu'à la récolte. Au moment où la bractée se relève, les fruits ont atteint 35 à 50 % de leur diamètre final.

Alors que les différences de longueur sont quasi définies trois semaines après le stade fleur pointante, les écarts de grade évoluent jusqu'à la récolte.

Stade d'intervention pour améliorer la conformation

Si l'on veut améliorer la conformation des doigts, il faut intervenir le plus tôt possible, c'est-à-dire au stade tête de cheval (fig. 3). Les actions menées trois semaines plus tard sont peu efficaces. Au-delà de ce stade, l'effet sur le grossissement sera modéré puisque les multiplications cellulaires sont achevées au plus tard au stade dernière main femelle découverte (stade APFD d'échantillonnage pour analyse foliaire) (fig. 4).

Figure 3. Inflorescence au stade tête de cheval (Cirad).

Figure 4. Inflorescence au stade dernière main femelle découverte (stade APFD d'échantillonnage foliaire à la floraison) (Cirad).

Défauts de croissance liés aux conditions culturales

L’itinéraire technique joue un rôle important sur la qualité. Et pour un niveau technique qui semble satisfaisant, il faut s’assurer de la régularité (respect des dates optimales) des interventions (fertilisation, alimentation en eau, conduite de l’œilletonnage, maîtrise du parasitisme). C’est une condition essentielle pour la qualité ; une conduite par à-coups peut être préjudiciable.

Nutrition

Si la plante n’a pas accumulé suffisamment de réserves minérales avant la floraison, le régime sera mal conformé, ce qui se traduira par un fort gradient entre mains. Le manque de potasse entraîne un flétrissement précoce des feuilles les plus vieilles. Cela induira un retard de remplissage et une fragilité du fruit. Si la fertilisation est insuffisante ou déséquilibrée au cours de l’intervalle floraison-récolte, la qualité intrinsèque des fruits sera perturbée. Par exemple, si le rapport potasse / azote est inférieur à 2, le risque de dégrain et la sensibilité à l’anthracnose sont plus élevés.

Alimentation hydrique

L’alimentation hydrique est le premier facteur à considérer pour le maintien et la valorisation du potentiel du régime de bananes. Le maintien du fonctionnement des racines à l’optimum est primordial. L’excès d’eau

fragilise les fruits et risque d'entraîner une durée de vie verte (DVV) courte. Quant au déficit hydrique, il déséquilibre le rapport entre croissance et développement, les fruits seront maigres pour une somme de températures élevée.

Parasitisme

Un nombre de feuilles faible dans l'intervalle floraison-récolte se traduit par une insuffisance de photosynthèse. Cette déficience accroît les risques d'attaques sévères de cercosporiose qui peuvent entraîner une déviance physiologique : durée de vie verte courte, pulpe saumonée.

Le bananier doit avoir au moins 8 feuilles fonctionnelles à la floraison et plus de 4 à la récolte. Tout régime au grade standard à la récolte provenant de bananiers à 4 feuilles et moins est à écarter. Si nécessaire, récolter les fruits « maigres », à une somme thermique réduite.

Marquage des fleurs pour optimiser la récolte

Le marquage (ou comptage) des fleurs (ou des inflorescences) a plusieurs rôles :

– prévoir la production afin d'établir les contrats de vente, les attributions de fret maritime, planifier la gestion du personnel et des finances ;

– programmer les travaux à réaliser sur les fruits, en particulier le nombre de fleurs devant recevoir des soins, le haubanage ;

– évaluer la gestion technique de la plantation, par exemple les évolutions de la productivité et de la technicité (rapport régimes récoltés / fleurs sorties) ;

– prendre la décision de récolte.

Ce dernier point est essentiel. Pour que ce repère soit fiable, il faut avoir un marquage précis et persistant (visible) jusqu'à la récolte (sans oubli d'une semaine, pas de régimes récoltés sans identification de la date de floraison). Un retard ou une absence entraînera un risque de mûrs d'arrivage et une hétérogénéité des lots. L'objectif est de couper le plus près possible de la limite de durée de vie verte, à une date compatible avec la chaîne postrécolte, mais sans risque de « mûrs » et avec le minimum de fruits maigres (un millimètre de plus en grade correspond à un accroissement de poids du régime compris entre 2,5 et 4 kg).

Tout cela renforce la nécessité de réaliser le marquage au stade tête de cheval deux fois par semaine et non au stade dernière main horizontale une fois par semaine. Les modalités sont à la convenance de chacun, néanmoins il faut garantir le repérage de la date de floraison jusqu'à la station d'emballage afin de récolter le régime à un stade physiologique précis.

Limiter les pertes quantitatives

Pertes dues à la verse

Les chutes « naturelles » de régimes sont liées au poids du régime, au vent, au mauvais enracinement ou encore au stress hydrique. La réduction des chutes est une action essentielle pour maintenir la densité et l'homogénéité des populations de bananiers, gage de la pérennité de la parcelle mais aussi de la rentabilité économique (10 régimes sauvés = 200 kg à l'export).

La protection contre la verse est recommandée dans tous les cas, mais absolument nécessaire s'il y a plus de 2 à 3 % de pertes de régimes chaque année.

Techniques de haubanage

Les anciennes techniques d'étayage (bambous ou perches faisant trépied avec le bananier et tuteurage vertical) sont abandonnées. Le haubanage terrestre (fig. 5) à une ou mieux à deux ficelles devient la norme. Il faut prendre certaines précautions : angle de 90° entre ficelles à distances égales de chaque côté du régime et tendues en laissant le régime penché ; fruits ne frottant pas sur le tronc. Le dispositif adopté est un compromis entre efficacité maximale, frottement nul sur les fruits et facilité de circulation lors de la récolte.

La plantation et la méthode d'œilletonnage doivent être adaptées au dispositif de haubanage et non l'inverse. Le haubanage aérien (fig. 6) permet de s'affranchir de plusieurs de ces contraintes mais ne convient pas dans la plupart des situations (pentes, type de sol, cyclones ou tempêtes).

Période optimale de haubanage

Le risque de verse est maximal depuis la semaine précédant le stade fleur pointante jusqu'au stade dernière main femelle horizontale. Le haubanage doit donc être installé au plus tard dans le mois suivant la sortie de l'inflorescence dans le bouquet foliaire.

Dans les plantations en lignes jumelées ou en touffes, il est possible d'attacher très tôt les plants, même avant la floraison (inflorescence sortant côté lumière). Le haubanage aérien est disposé indifféremment par rapport à l'orientation de la fleur et peut être installé bien avant le stade fleur pointante.

Figure 5. Haubanage sur un dispositif en lignes jumelées (Cirad).

Figure 6. Haubanage sur un dispositif en touffes (Cirad).

Améliorer la qualité

Dégager les inflorescences

Le dégagement des inflorescences est indispensable pour éviter les grattages jusqu'à la récolte. Le dégagement des inflorescences doit être réalisé au moins une fois par semaine.
Le premier passage (fig. 7) doit être fait au plus tard au moment du marquage au stade tête de cheval, avant que les petites bananes soient visibles. Il faut :
– supprimer les feuilles frottant sur le régime et anticiper les risques pour les deux semaines suivantes ;
– couper les feuilles fanées le long du faux tronc, uniquement s'il y a des attaques de cercosporiose et en période pluvieuse ;
– détourner la feuille bractéale et la bractée vide ;
– éventuellement, écarter le bouquet foliaire du rejet successeur (fig. 8).
Les passages suivants assurent l'entretien. Il faut cependant être très vigilant car le bananier a besoin de 8 feuilles à la floraison et au moins de 4 à la récolte. Ainsi en cas de cercosporiose grave, couper des portions de limbe qui frottent ou qui portent des nécroses dues à la cercosporiose pour réduire le moins possible la surface foliaire.

Recépage

L'objectif est de conserver l'homogénéité de la plantation et donc le nombre de plants productifs. À partir d'une plantation homogène, on devrait recéper tous les bananiers non fleuris lorsque la récolte du cycle commence, puis effectuer un œilletonnage précoce.
Pour cela, il faut éliminer les inflorescences médiocres dès la floraison et recéper les plants non fleuris en début de récolte.

Interventions sur le régime

Le principe du marquage au stade tête de cheval étant acquis, le gainage et l'ablation des mains sont prioritaires sur toutes les autres interventions telles que la suppression du bourgeon terminal et l'épistillage (fig. 9).
Compte tenu du parasitisme (thrips et chancre), il est primordial de protéger les fruits avant le relèvement de la bractée de la première main femelle. Le gainage et l'ablation de mains ne sont efficaces que s'ils sont précoces.

Gainage

Outre son rôle de protection contre les grattages et de maintien de la propreté, le gainage (ou engainage ou ensachage) est efficace pour lutter contre le parasitisme.
• Le régime est gainé avec des sacs de polyéthylène perforés au stade tête de cheval et dans tous les cas avant le relèvement de la bractée de la première main (fig. 10).

• L’attache est faite très haut sur la hampe (au-dessus de la crosse) pour ouvrir la gaine. La gaine doit dépasser d’au moins 20 cm au-dessous de la dernière main du régime après ablation.
• L’extrémité pointue de la fleur peut être supprimée pour diminuer le risque de déchirure de la gaine. Lors du passage pour l’ablation des mains, la gaine est soulevée et les bractées éventuelles enlevées.

Figure 7. Premier dégagement des inflorescences trop tardif (Cirad).

Figure 8. Technique de déviation du bouquet foliaire d'un rejet situé sous l'inflorescence ; utilisation d'une gaine de feuille traversant le faux tronc du plant porteur et tirant sur le faux tronc du rejet (Cirad).

Figure 9. Interventions sur le régime proprement dit : gainage, ablation du bourgeon mâle, ablation précoce de mains, épistillage (Cirad).

Figure 10. Gainage précoce (sur la photo, réalisé depuis une semaine) (Cirad).

À signaler le risque de brûlures par coups de soleil d'intensité faible (YB) ou forte (SV) à cause de l'effet de loupe si le film fait cuvette, ou de luminosité excessive en bordure de parcelle.

Ablation des mains

Le nombre de mains des inflorescences s'accroît avec l'amélioration des systèmes de culture et des itinéraires techniques. L'ablation des mains (ou castration) est alors nécessaire pour mettre en adéquation la longueur des régimes et les moyens de transport (cas des remorques pendulaires limitées en hauteur) ou la longueur des fruits et le grade (cas d'une valeur minimale pour l'exportation). Le nombre de mains à enlever est alors apprécié par chacun en fonction du nombre de mains des régimes, de la vigueur de la parcelle, de la période et des contraintes culturales de l'année, et de la demande du marché.

Deux techniques sont possibles : la castration classique au stade dernière main femelle horizontale ou l'ablation plus précoce (fig. 11) selon le nombre de mains que l'on souhaite garder.

Figure 11. Ablation à un stade très précoce : au relèvement de la bractée de la première main à enlever (Cirad).

L'ablation précoce est effectuée dès le début de soulèvement de la bractée de la première main à éliminer (donc à un stade bien antérieur au précédent). Elle a une incidence très positive sur la longueur des fruits, le grade et la courbure. Dans tous les cas, il faut conserver un tire-sève qui permet d'arrêter les remontées de pourriture dans le rachis et si possible ne pas utiliser de couteau.

Suppression du bourgeon terminal

Le bourgeon terminal (ou « popote ») est supprimé en même temps que l'ablation des mains, au-dessous de la main avec tire-sève. Ne pas couper mais casser.

Épistillage

L'épistillage a pour objectif de réduire la pénétration des champignons à l'intérieur des fruits et de limiter les blessures par contact avec les autres doigts. Il ne doit se pratiquer que lorsque les doigts sont proches de l'horizontale afin d'éviter l'écoulement de latex sur les fruits en dessous (fig. 12). On ne peut épistiller plus de trois mains à chaque passage (fig. 13) — même en mettant un morceau de limbe pour protéger.

Dans le cas d'un gainage précoce, cette opération est difficile à envisager à

moins de laisser la gaine soulevée pendant une semaine. De plus, l'épistillage est onéreux et souvent mal fait.

Suppression des oreillettes et des doigts mal formés

L'élimination des doigts latéraux courbés (oreillettes) et des fruits soudés ou déformés améliore la conformation des bouquets et ne joue pas sur le poids net. Elle a lieu au moment de l'ablation des mains.

Coussinage

La pose d'un film plastique entre les mains et parfois entre les rangées de doigts protège des blessures dues aux apex. À ne pas confondre avec le coussinage de récolte (protection disposée entre les fruits à la récolte).

Figure 12. Épistillage réalisé trop tôt : écoulement de latex tachant les doigts (Cirad).

Figure 13. Bon stade pour la pratique de l'épistillage, sur 3 mains « horizontales » (Cirad).

Conduite des soins aux fruits au champ

Étape	Objectif	Action à mettre en œuvre	Importance
Marquage ou comptage des fleurs émises	Organiser les soins aux régimes Prévoir récolte et commercialisation Disposer d'un repère précis pour la décision de récolte (somme de températures)	Marquage 2 fois par semaine Marquage de la fleur au stade tête de cheval	Fondamental pour un produit de bonne qualité intrinsèque et la réduction des avaries pendant le transport (mûr d'arrivage)
Entretien et dégagement des régimes	Réduire les écarts de triage	Un passage par semaine À commencer au stade fleur pointante	Une priorité absolue
Ablation des mains	Améliorer la croissance des fruits Faciliter le transport	Ablation au plus tard au stade dernière main horizontale Ablation précoce : décider d'un nombre de mains à conserver, ablation aussitôt que ces mains sont découvertes	Intérêt de l'ablation précoce pour des fruits longs de bonne qualité intrinsèque
Gainage	Limiter les dégâts de thrips Réduire l'inoculum *Colletotrichum* Améliorer la longueur et le grade des fruits Améliorer la propreté des fruits	Pratiquer un gainage précoce au stade tête de cheval Au plus tard au stade dernière main horizontale (à abandonner) Gaines longues, 20 cm au-dessous de la dernière main	Éviter absolument l'utilisation d'insecticide (destruction des prédateurs) Supprimer les traitements post-récolte : gainage au stade tête de cheval obligatoire
Haubanage	Limiter les pertes de régimes (chute)	Recommandé dans tous les cas	Absolument nécessaire si plus de 3 % de perte de régimes
Recépage	Maintenir l'homogénéité et donc le nombre de plants productifs	Éliminer les inflorescences médiocres dès la floraison Recéper les plants non fleuris en début récolte	Bonne conduite de la population de bananiers

Récolte des régimes : critères, coupe et transport

La récolte des régimes ne s'improvise pas. Les fruits en entrée mûrisserie ne doivent pas dépasser le stade vert tournant (stade 3 de l'échelle colorimétrique fig. 1 p. 294) L'objectif est de récolter au grade le plus élevé possible (gain de poids) compatible avec l'absence de mûrs d'arrivage à l'entrée en mûrisserie. Le stade de récolte sera donc fonction des délais et des conditions prévalant entre la coupe et l'entrée en mûrisserie.

Qualité physiologique à la récolte

Maturation du fruit

Le diamètre du fruit (grade) augmente depuis la montée de l'inflorescence dans le tronc jusqu'à la récolte. La pulpe se forme d'abord par multiplication cellulaire jusqu'au stade dernière main femelle relevée. Ensuite, le fruit grossit par remplissage des cellules (stockage d'amidon) et devient de moins en moins anguleux. Commence alors la phase préclimatérique, c'est-à-dire le début d'évolution de l'amidon en sucres.

Les régimes doivent être récoltés avant l'accélération de l'activité respiratoire (phase climatérique) qui ne peut plus être ralentie et qui provoque les mûrs d'arrivage.

Le temps écoulé entre la récolte et le début de la phase climatérique (changement de couleur, ramollissement de la pulpe) est appelé « durée de vie verte » (DVV). Cette durée est fortement corrélée à la somme thermique (ST) cumulée de la floraison à la récolte. Plus la somme thermique à la récolte est élevée, plus la durée de vie verte est faible (fig. 1). Cette relation est beaucoup plus robuste que la relation entre la somme thermique et le grade.

La durée de vie verte est un bon indicateur de l'état physiologique du régime à la récolte.

Seuil thermique de 14 °C

La somme thermique est utilisée en agronomie pour prédire la durée d'une phase de développement d'un organe. Elle est égale à la somme des températures journalières calculée sur un temps donné avec un seuil au-dessous duquel l'organe ne croît pas. Pour le bananier Cavendish (Grande Naine), le seuil physiologique est 14 °C — température au-dessous de laquelle le fruit ne croît ou n'évolue plus, raison pour laquelle le seuil de 14

°C a été choisi pour le transport frigorifique des bananes.

Durée de vie verte minimale

La température utilisée pour la mesure de la durée de vie verte est 14 °C car elle est proche de la température de transport. Plus la température de conservation des fruits augmente plus la durée de vie verte diminue. Elle est divisée par 2 pour une augmentation de température de 10 °C.

Si des fruits sont conservés à 14 °C et leur durée de vie verte de 30 jours, alors pour une température de conservation de 24 °C, la durée de vie verte ne sera que de 15 jours.

La température de stockage des fruits entre la récolte et l'arrivée en mûrisserie est soumise à de fortes variations. Par exemple, en Martinique, elle peut passer de 28 °C à 14 °C (fig. 2). Ces variations de température ont un impact non négligeable sur la durée de vie verte des fruits. Dans les conditions du circuit thermique actuel des fruits entre la récolte et l'arrivée en mûrisserie — toujours pour la Martinique — la durée de vie verte minimale des bananes à la récolte recommandée est de 25 jours à 14 °C pour un transport en conair et environ 20 jours pour un transport en reefer (tab. 1).

Variabilité de la durée de vie verte au champ

Pour une récolte étalée sur une semaine, la durée de vie verte peut varier entre 15 et 70 jours (fig. 3). Cette variabilité s'explique principalement par la somme thermique des fruits à la récolte (fig. 4). En effet, alors que la préconisation était de récolter entre 900 et 1 000 degrés-jour, la somme thermique des régimes récoltés a été comprise entre 600 et 1 200 degrés-jour.

Parmi les autres causes de variabilité de la durée de vie verte, il faut citer : la position des fruits sur le régime ; l'effet de bordure de champ ; le gainage (même précoce) qui augmente la somme thermique et fait diminuer la durée de vie verte ; les stress hydriques ou anoxiques qui réduisent la durée de vie verte.

Les attaques de cercosporiose risquent de modifier la durée de vie verte en raison du manque de feuilles mais aussi des conséquences de l'infestation du champignon. Il faudrait récolter les parcelles les plus touchées en dernier, juste avant le départ du bateau.

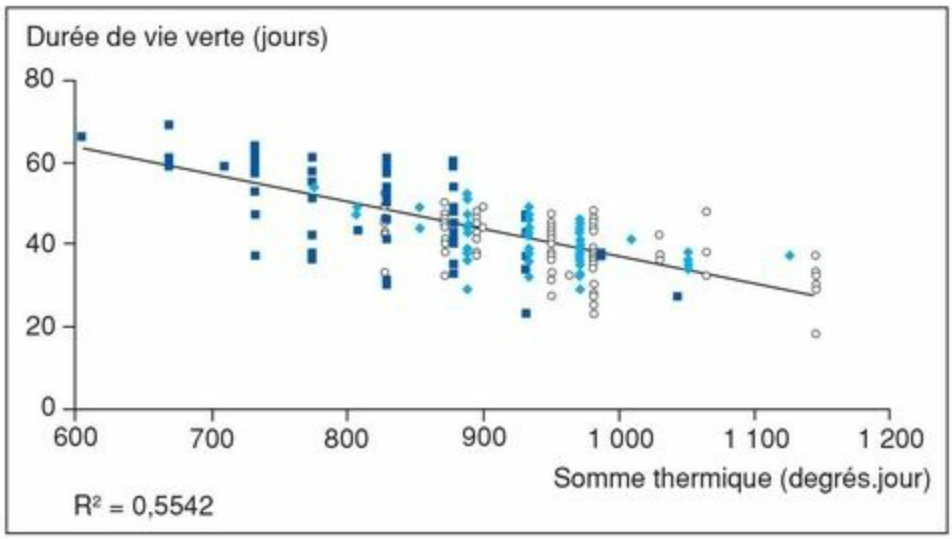


Figure 1corrélation entre la durée de vie verte (en jours) et la somme de températures cumulée de la floraison au stade tête de cheval à la récolte. Cultivar Grande Naime, Martinique (Girad).

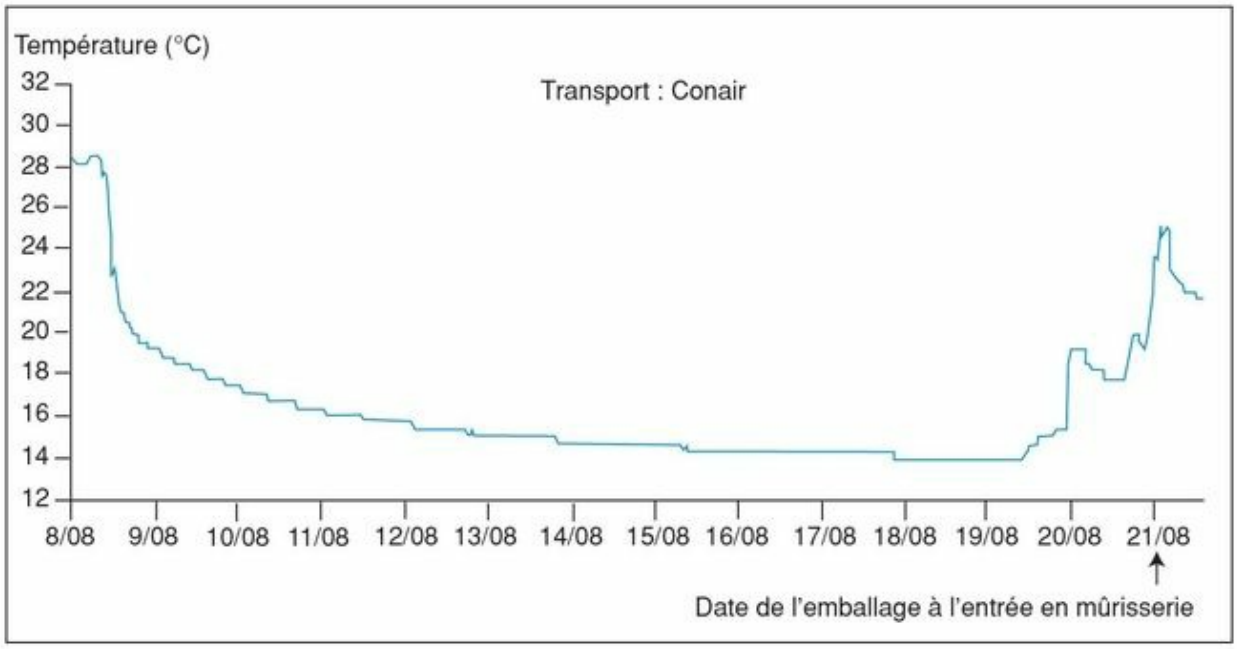


Figure 2. Variations de la température à l'intérieur des conteneurs de bananes (°C), de l'emballage à l'entrée en mûrisserie. Cas d'un transport par conair (Cirad).

Tableau 1. Calcul de la durée de vie verte minimale pour l'exportation de bananes à partir d'une exploitation martiniquaise vers une mûrisserie en métropole (France) selon le type de conteneur.

Étape	Température dans le conteneur (°C)	Durée maximale (jours)	Durée de vie verte à 14 °C selon le type de conteneur (jours)
Station d'emballage : conservation à température ambiante	24 à 28	4 (conair) 2 (reefer)	10 (conair) 5 (reefer)
Passage (descente) au froid	26 à 14	3	4
Transport par bateau à 14 °C	14	7	7
Transfert : sortie de cale et entrée en mûrisserie (saison chaude)	14 à 25	3	4
Total		17 (conair) 15 (reefer)	25 (conair) 20 (reefer)

(conair : froid produit par le bateau, reefer : froid autonome)

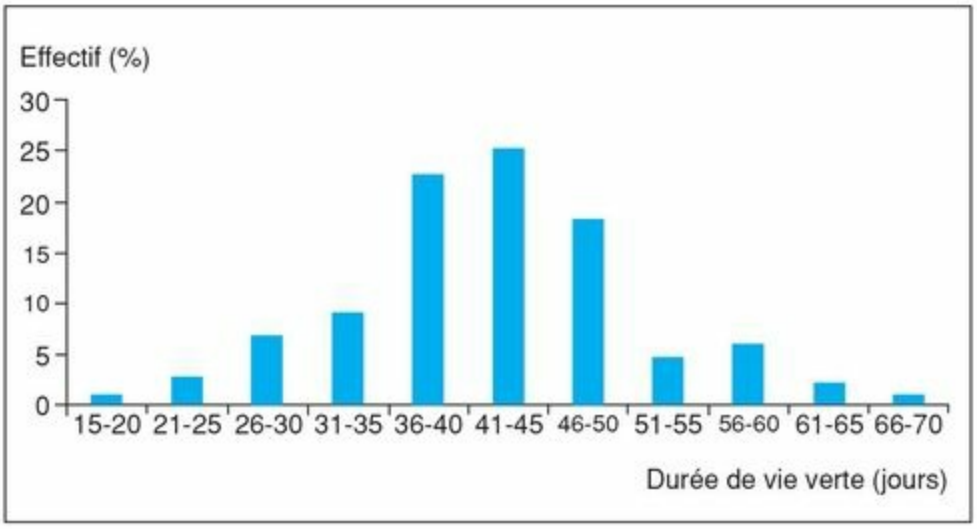


Figure 3. Répartition des durées de vie verte (en % du total) des fruits récoltés au cours d'une semaine (classes de durée de vie verte de 5 jours) (Cirad).

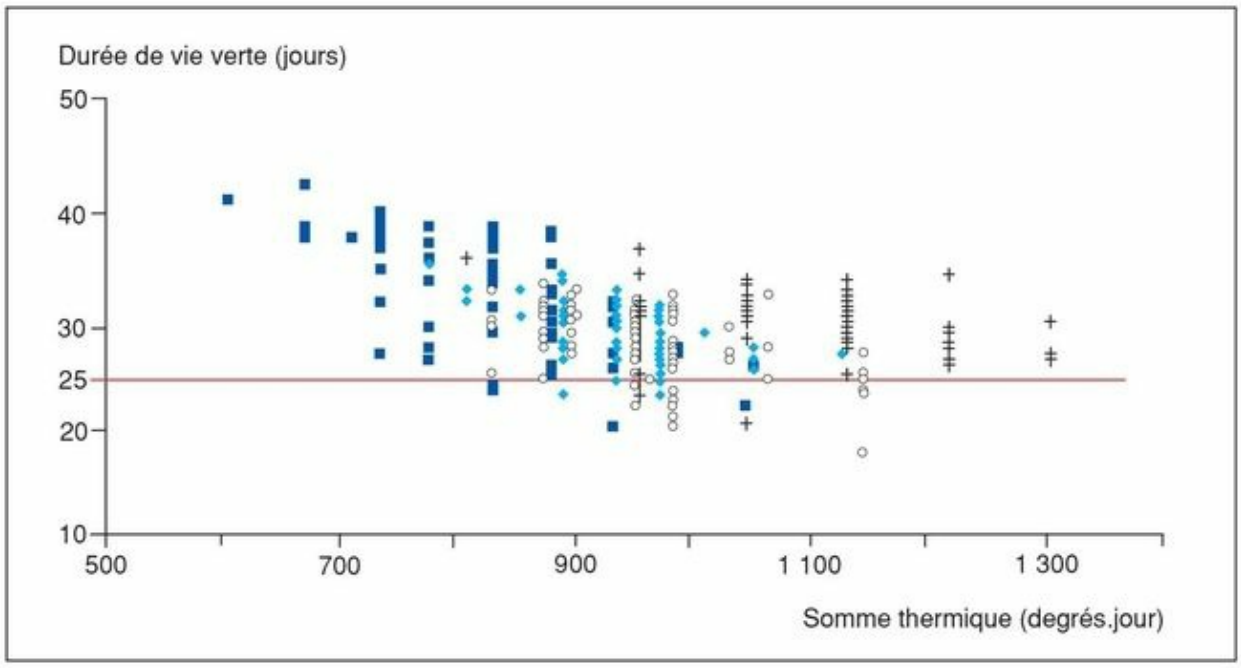


Figure 4. Relation entre la durée de vie verte des fruits récoltés au cours d'une semaine et les sommes de températures (Cirad).

Variabilité de la durée de vie verte après le conditionnement

La température et la durée de conservation des fruits après le conditionnement et avant le chargement sont des facteurs qu'il est important de maîtriser. Par exemple, dans le cas d'un reefer partant le vendredi soir et une mise en froid 12 heures après la coupe, il ya un écart de 4 jours de durée de vie verte entre des régimes récoltés le lundi et le vendredi. Si le délai de mise en froid n'est pas respecté, le délai de conservation risque d'être insuffisant.

La durée de vie verte est influencée aussi par d'autres facteurs :

– les fruits mûrs dégagent de faibles quantités d'éthylène qui peuvent provoquer la maturation de tout un lot de cartons ;

– plus le milieu est sec, plus la durée de vie verte est faible ;

– l'emballage des régimes dans un polybag non perforé (en augmentant la concentration en CO_2 et diminuant celle en O_2) accroît la durée de vie verte.

Le développement de maladies fongiques postrécolte provoque un dégagement d'éthylène qui est à l'origine de la diminution de la durée de vie verte (fig. 5). Le traitement fongique postrécolte est donc nécessaire dans de nombreuses situations.

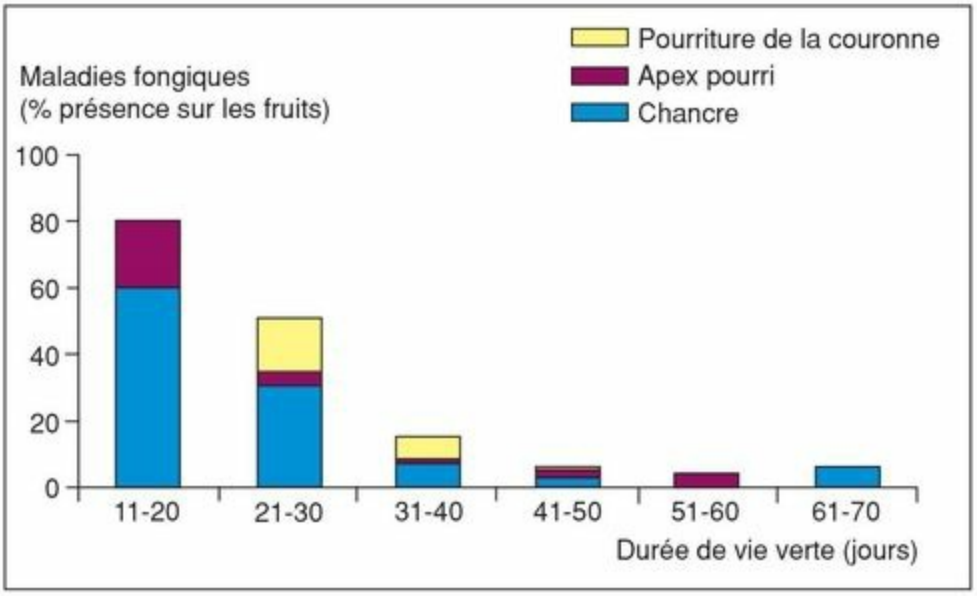


Figure 5. Incidence du développement des maladies postrécolte sur la durée de vie verte (Cirad).

Décision de coupe

Les décisions de récolte ne faisant appel qu'au « coup d'œil » du planteur ne devraient plus exister, en particulier sans marquage de floraison.

Grade du doigt médian de la dernière main

Dans la plupart des plantations, les régimes sont récoltés quand le grade du doigt médian de la dernière main a atteint au minimum 32 mm. En cas de faible vitesse de grossissement des doigts, il faudra plus de temps pour atteindre ce grade, la récolte se fera alors à une somme de température trop élevée et donc une durée de vie verte plus courte. Il y aura un risque de mûrs d'arrivage.

Somme thermique

Aux Antilles, en conditions normales, une somme thermique de 900 degrés-jour à partir du stade de floraison dernière main femelle horizontale permet d'atteindre un grade moyen de 34 mm sans mûrs d'arrivage. Si le marquage est effectué au stade tête de cheval, la somme thermique équivalente est de 1 000 degrés-jour.

Actuellement, pour décider de la date de coupe, la majorité des planteurs utilisent la somme thermique couplée au grade. Chaque semaine, la récolte devrait comprendre :

– 20 à 30 % des régimes prévus pour la semaine suivante mais ayant au moins 32 mm de grade dernière main ;

– 50 % environ des régimes prévus pour la semaine recommandée par les

outils d’aide à la décision ;
– 20 à 30 % environ des régimes laissés la semaine précédente.
Il est fortement déconseillé de dépasser un étalement de trois semaines de récolte pour une même semaine de floraison afin d’éviter les mûrs d’arrivage.

Sonde thermique

Installée dans un abri standard, elle enregistre les températures toutes les 15 ou 30 minutes. Cet outil permet à un instant donné de connaître la somme thermique des régimes marqués sur une zone et de prévoir au plus juste leur date de récolte optimale (tab. 2).

Tableau 2. Extrait d’un tableau de données de températures.

Date	Température journalière (T °C)	Somme thermique utile journalière (T °C-14 °C)	Somme thermique cumulée depuis le dernier jour d'enregistrement	Nombre de jours avant le dernier jour d'enregistrement
14 août 2003	28,3	14,3	850	60
15 août 2003	28,5	14,5	836	59
16 août 2003	28,8	14,8	822	58
17 août 2003	28,3	14,3	807	57
18 août 2003	28,3	14,3	792	56
19 août 2003	28,8	14,8	778	55
20 août 2003	24,9	10,9	763	54
21 août 2003	26,2	12,2	752	53
22 août 2003	27,6	13,6	740	52
23 août 2003	28,3	14,3	727	51
24 août 2003	27,8	13,8	712	50
25 août 2003	26,6	12,6	698	49
26 août 2003	28,9	14,9	686	48
27 août 2003	29,0	15,0	671	47
28 août 2003	29,0	15,0	656	46
29 août 2003	28,7	14,7	641	45
30 août 2003	28,9	14,9	626	44
31 août 2003	29,0	15,0	611	43
01 sept 2003	28,7	14,7	596	42
02 sept 2003	28,3	14,3	582	41
03 sept 2003	28,0	14,0	567	40

Il est indispensable d'enregistrer les températures à l'aide d'une sonde thermique par zone homogène.

Disque de prévision de récolte

Il indique pour chaque semaine de floraison (stade dernière main horizontale) la semaine de coupe à prévoir en fonction de la région et de la saison. Il est d'un emploi facile mais ne prend pas en compte la situation climatique du moment. Il est conçu à partir des températures journalières moyennes

décennales pour une somme thermique de 900 degrés-jour, dans le cas d'une durée de vie verte de 25 jours.

Optimiser le stade récolte

Disposer de paramètres fiables de décision de coupe nécessite tout d'abord des marquages de floraison précis et justes, puis la mise à jour régulière des sommes de températures. Enfin, il ne faut pas prendre le risque de récolter avec une durée de vie verte trop courte.

Marquage de floraison

Récolter au bon stade, c'est d'abord faire un marquage de floraison rigoureux, sans oubli ! Un retard dans le marquage (1 à 2 semaines) peut être à l'origine de mûrs d'arrivage (tab. 3).

Pour éviter les oublis, programmer le marquage 2 fois par semaine par la même personne au stade tête de cheval. La couleur de la semaine doit évidemment être visible jusqu'à la récolte (souvent, jusqu'à 20 % des régimes n'ont plus de marque à la récolte).

Tableau 3. Incidence des erreurs de marquage sur le calcul de la durée de vie verte.

Marquage de la floraison	Somme thermique supposée (degrés jour)	Somme thermique réelle (degrés jour)	Durée de vie verte (jours)
Au bon moment	900	900	30
Avec 1 semaine de retard	900	970	25
Avec 2 semaines de retard	900	1 040	20

Récolte et transport jusqu'au hangar

Un passage de récolte doit être effectué au moins une fois par semaine sur chaque parcelle.

En respectant la répartition proposée pour la récolte (20 % des régimes prévus pour la semaine suivante, 50 % pour la semaine recommandée et 30 % des régimes laissés la semaine précédente), il ne doit pas y avoir simultanément plus de 3 couleurs de marquage en station de conditionnement.

• Ne pas laisser de régimes non récoltés avec plus d'une semaine de retard.
• Ne pas récolter trop tôt (perte de rendement et hétérogénéité des lots).
• Pendant le transport, éviter les chocs et les blessures des fruits qui peuvent être à l'origine d'un développement de chancre.

Conditionnement et transport du hangar au port

Au hangar, ne pas laisser les régimes plus d'une nuit en attente. Attention aux

régimes qui traînent dans le hangar depuis le vendredi jusqu'au lundi !
Des précautions sont nécessaires pour réduire les risques de maladies postrécolte qui peuvent être à l'origine de l'accélération de la maturation des fruits.
• Éviter les blessures pendant la découpe.
• S'assurer également de l'efficacité du traitement fongique des fruits.
• Poser le régime dans un sac polybag non perforé afin d'augmenter la durée de vie verte de plusieurs jours et de restreindre le développement du chancre.
• Le délai de mise en froid des cartons ne doit pas excéder 12 heures. Pour les reefers, il est conseillé de charger les palettes au moins chaque demi-journée. Il faut arrêter la ventilation juste avant le chargement pour éviter un ramollissement des cartons.

Coupe des régimes

Bien que simple en apparence (fig. 6), la coupe exige certaines précautions.
• La décision de coupe doit être prise au moins la veille : semaine marquée « en avance » à couper au grade, semaine « normale » à couper au grade et semaine « d'élimination » à couper quel que soit le grade.
• Vérifier que la marque de floraison est bien sur le régime et que la gaine recouvre bien le régime.
• Pour les grands bananiers, le faux tronc doit être entaillé de façon que le régime se couche lentement sur le porte-fruits (ou épaulière). La hampe est coupée à ce moment-là, la plaie de coupe en dehors du support pour éviter l'écoulement de sève sur les fruits.
• Le bouquet foliaire doit être ensuite coupé le plus haut possible ; en cas de cercosporiose, ne laisser aucune feuille.
• Sur le sol faire des andains larges et réguliers. Les ficelles de haubanage devront être récupérées.
• Bien vérifier que les consignes sont appliquées : examen des marquages floraison sur les régimes à l'entrée en station.
• Les régimes coupés doivent être emballés le jour même. Il est toléré une précoupe la veille mais en soirée.
• À signaler la découpe en mains au pied du bananier. Peu répandue, cette technique est déconseillée en raison des difficultés de contrôle, de la dispersion du personnel, etc. L'entaille est faite pour que le régime soit à hauteur de découpe en mains (un piquet est placé sous le bouquet foliaire comme support).
Par ailleurs, la pratique du coussinage à la récolte (avant la coupe des

régimes) réduit très sérieusement les blessures de transport (fig. 7).

Figure 6. Coupe du régime au champ (Cirad).

Figure 7. Transport dans la parcelle sur épaulière (Cirad).

Transport des régimes

Les régimes sont manipulés avec soin, en évitant tout choc et frottement intempestifs, et ne sont jamais posés au sol. Le transport provoque des blessures et des meurtrissures fraîches qui sont la cause principale du

déclassement.

Transport manuel au champ

L'utilisation d'épaulières à plateau rigide mais caparaçonné est obligatoire. Leur nettoyage et leur entretien doit être assuré en permanence (latex, sable, détritus organiques) et leur renouvellement fréquent. Il est impératif de marcher lentement sans à-coups, de ne pas sauter les drains, d'éviter le contact avec les ficelles de haubanage. Les parcelles doivent être aménagées le mieux possible tant pour la sécurité des ouvriers que pour la qualité des fruits.

Du champ à la station

Installation de cable way

Le moyen le moins pénalisant pour les régimes est le *cable way* à filin fixe (fig. 8). Cependant, il ne peut être mis en place dans toutes les situations, car ces installations nécessitent un terrain relativement plat, des exploitations de taille suffisante mais sans axes routiers importants, etc. Le *cable way* à filin mobile est utilisé sur des pentes plus importantes mais les à-coups, les vrilles et les balancements sont très souvent catastrophiques et la maintenance coûteuse.

La majorité des transports se font par route et surtout pistes et chemins empierrés. Leur entretien est primordial pour que le transport soit performant et préserve la qualité des bananes.

Équipement des remorques

Il importe que les remorques soient très bien aménagées pour le transport. Deux principaux types de remorques sont en usage.

• Transport à plat. Les régimes sont couchés sur des plateaux individuels et transportés depuis le bananier à la station. Deux étages peuvent être aménagés (fig. 9). Le nettoyage régulier et le changement des mousses sont les contraintes principales. Sur une piste dégradée, ce transport engendre de nombreuses blessures. Les remorques où les régimes sont enveloppés dans de vieilles gaines de polyéthylène ne devraient plus exister.

• Transport vertical. Il se généralise (fig. 10) avec des améliorations continues notamment pour le déchargement au quai de la station sans manipulation supplémentaire. L'objectif est de limiter la pénibilité et de réduire le nombre d'accrochages et de décrochages.

Figure 8. Transport par *cable way* fixe (Cirad).

Figure 9. Transport en remorques à plateaux (Cirad).

Figure 10. Transport en remorques pendulaires à déchargement automatisé directement sur la penderie de l'atelier d'emballage (Cirad).

Composantes de la qualité des fruits, recommandations

Le conditionnement constitue une étape majeure dans la filière de la banane et des efforts continus sont nécessaires pour obtenir une qualité haut de gamme, homogène et régulière. Cet aspect est traité en trois parties : les composantes de la qualité ; la gestion de l'eau et des effluents de la station de conditionnement ; la chaîne de préparation des fruits.

Les normes européennes (Règlement n°2257/94 de la Commission européenne fixant les normes de qualité pour les bananes) ont été choisies comme référence. Cependant, il faut tenir compte de la demande du marché et des exigences en matière d'environnement.

Caractéristiques minimales des fruits

Les bananes doivent être tout d'abord vertes et non mûries, entières, fermes, propres (sans matière étrangère visible).

Elles doivent répondre aux caractéristiques suivantes :

– saines (sans pourriture ou altération les rendant impropres à la consommation) ;

– pratiquement exemptes de parasites, d'attaques de parasites et de meurtrissures ;

– avec un pédoncule intact, sans dessiccation ni pliure, ni attaque fongique ;

– épistillées, sans malformations et sans courbure anormale des doigts ;

– pratiquement exemptes de frisure, d'humidité externe anormale, d'odeurs et ou de saveurs étrangères.

En outre, les mains et les bouquets doivent comporter une portion suffisante de coussinet de coloration normale, saine, sans contamination fongique. La coupe des coussinets doit être nette, non biseautée, sans trace d'arrachement et sans fragment de hampe.

Le développement et l'état de maturité des bananes doivent permettre le transport et la manutention sans provoquer de dégâts, c'est-à-dire que les fruits arrivent dans un état satisfaisant sur le lieu de conditionnement, afin d'atteindre un degré de maturité approprié après mûrissage.

Défauts sur les fruits occasionnés au champ

Rappels sur la protection contre le parasitisme

Le contrôle commence par une bonne maîtrise de l'itinéraire technique : œilletonnage précoce et régulier, faible enherbement. Ensuite, les soins

doivent être apportés au bon moment pour préserver la qualité des fruits après floraison : dégagement des régimes, gainage au stade tête de cheval, ablation des mains du bas, suppression du bourgeon mâle et éventuellement épistillage.
Les infestations par les thrips de la fleur, de la rouille argentée et de la rouille rouge sont réduites par un gainage au stade tête de cheval, la gaine dépassant d'au moins 20 cm au-dessous de la dernière main.
Il n'est pas recommandé d'appliquer un traitement chimique contre les cochenilles et les pucerons responsables de la fumagine. En revanche, un contrôle des fourmis peut être utile. La fumagine sera enlevée en station de conditionnement.
Le speckling et le red speckling, dont l'origine est mal connue, sont limités par les soins classiques. La maladie du bout de cigare et la déformation apicale des doigts, présentes surtout en altitude, peuvent être réduites par l'épistillage.
Il n'y a pas de mesures spécifiques à prendre pour lutter contre la formation de fruits atrophiés et droits, les subérifications causées par les chenilles, les lésions de coléoptères. Les secteurs infestés d'escargots et de limaces (fig. 1) sont à traiter avec un molluscicide.
D'autres dégâts sont liés à des ravageurs plus ou moins occasionnels.

Défauts physiologiques

• Les mûrs d'arrivage sont exclusivement liés à un manque de vigilance dans l'utilisation des critères de récolte et le processus postrécolte.
• La rouille physiologique ou rouille de maturité est due à un dysfonctionnement de la nutrition, par exemple un stress hydrique ou un déséquilibre de fertilisation ; elle entraîne un risque de maturation précoce. En conséquence, les régimes sont refusés à l'emballage.
• Les autres défauts importants liés à la plante sont les fruits doubles ou déformés (fig. 2). Ils sont à éliminer au moment de la mise en bouquets.
• Les chimères sont des dégâts sur les fruits sur lesquels apparaissent des lanières de peau rougeâtres ou brunâtres.

Défauts d'aspect

• Les brûlures peuvent être causées par les coups de soleil. Elles se traduisent par le jaunissement de l'apex des doigts et même leur noircissement. Elles sont évitées en attachant des gaines bleues au-dessus de la crosse de la hampe, ainsi l'effet de loupe est supprimé.
• Les taches huileuses ou brunes (fig. 3) sont consécutives à l'application de

pesticides par atomisation ou pulvérisation. Il faut donc respecter la consigne du gainage au stade tête de cheval.

• Les grattages anciens. Les grattages sont qualifiés d'anciens s'ils sont cicatrisés avant la récolte. Ils ont des origines diverses :

– grattage de l'apex des fruits de la rangée extérieure sur le dos de la rangée intérieure. Il faut agir sur l'origine des fruits courbés, c'est-à-dire l'alimentation minérale et hydrique. L'épistillage peut réduire les dégâts ;

– grattage de feuilles. C'est de loin le plus important. Il peut être évité en dégageant les inflorescences en temps voulu et avec soin. Un premier passage est nécessaire au plus tard au stade fleur pointante puis une fois par semaine. Le gainage précoce est conseillé ;

– grattage des ficelles de haubanage. Le choix du dispositif de plantation et du système de haubanage est décisif.

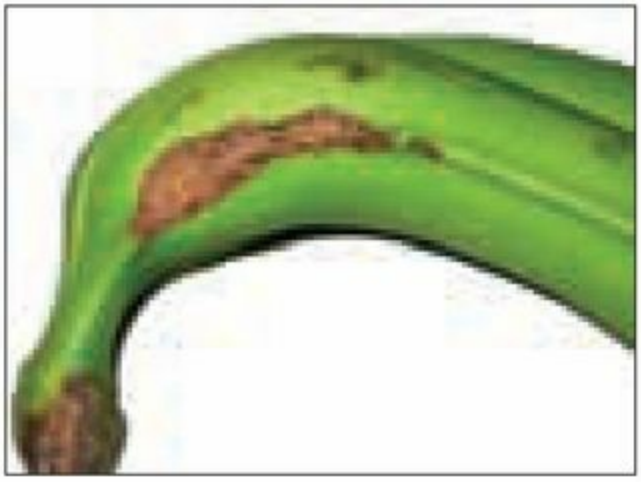


Figure 1. Dégâts d'escargot sur la peau (Cirad).

Figure 2. Doigts soudés (jumeaux) (Cirad).

Figure 3. Taches d'huile minérale (traitement cercosporiose) (Cirad).

Dégâts sur les fruits de la récolte à l'emballage

Dégâts mécaniques depuis la récolte au conditionnement

Ce sont les plus gênants puisqu'il n'y a pas de cicatrisation avant la découpe en mains puis en bouquets. Les risques de contamination par les parasites sont fortement accentués par ces blessures.

• Les grattages frais ou récents sont des blessures superficielles de l'épiderme, de couleur vert foncé. La localisation sur les fruits permet généralement de déterminer le poste de travail responsable :

– les grattages provoqués entre la récolte et le déchargement des régimes (fig. 4) sont situés sur les doigts extérieurs et particulièrement dans les points de frottement ;

– les grattages de manutention au cours du conditionnement (fig. 5) sont dus

à des traitements brutaux (chocs, griffures d'ongles).
Pour éviter les grattages, les recommandations sont les suivantes : d'abord effectuer un travail d'excellente qualité, puis utiliser des épaulières ou des plateaux en état impeccable, ainsi que des remorques propres à pneus basse pression, effectuer les déplacements à faible vitesse ssur des pistes entretenues.
• Les meurtrissures sont des blessures qui atteignent la pulpe et sur lesquelles le chancre peut se développer.
• Les pliures de pédoncules (fig. 6) sont provoquées en station par de mauvaises prises en main des fruits. Ne jamais tenir les mains et les bouquets par les fruits, les soutenir par dessous ou bien les soulever tous ensemble.
• Les fruits mutilés, ou abimés par le coutelas, l'outil de dépattage ou les coups de couteau sont à éliminer. Ces lésions proviennent d'un manque d'attention au travail mais aussi d'outils mal appropriés ou mal entretenus.
• Défauts divers. En cas d'épistillage incomplet, il doit être complété sur la penderie d'arrivée et non dans les bacs ou les paniers.

Défauts de préparation à l'emballage

Les risques de contamination par les parasites sont fortement accentués par les lésions occasionnées à l'emballage. Les coups de couteau (fig. 7) sont également fréquents.
• Une couronne trop courte (rase) peut fragiliser (fig. 8 et 9) l'attache des doigts, les fruits devenant flottants. Les pourritures peuvent atteindre rapidement les pédoncules. Il en est de même pour une couronne arrachée. Les couronnes trop longues peuvent provoquer des blessures sur les bouquets de la rangée inférieure.
• La présence de latex gélatineux ou sec sur les fruits dans les cartons provient d'un mauvais rinçage après la mise en bouquet. Ce latex dévalorise le produit sans avoir d'effet néfaste direct sur le fruit. Le rinçage doit durer au moins 12 minutes.
• Les résidus sur les fruits après traitement fongicide sont dus à un temps de trempage ou de pulvérisation trop long ou à une concentration trop élevée de fongicide (pratique interdite).
• Les dégâts d'emballage sont essentiellement des grattages frais, meurtrissures et pliures de pédoncule. Le point primordial concerne le respect des normes et de la sélection des fruits pour l'expédition.

Figure 4. Grattages frais légers en cours de transport du champ à la station (Cirad).

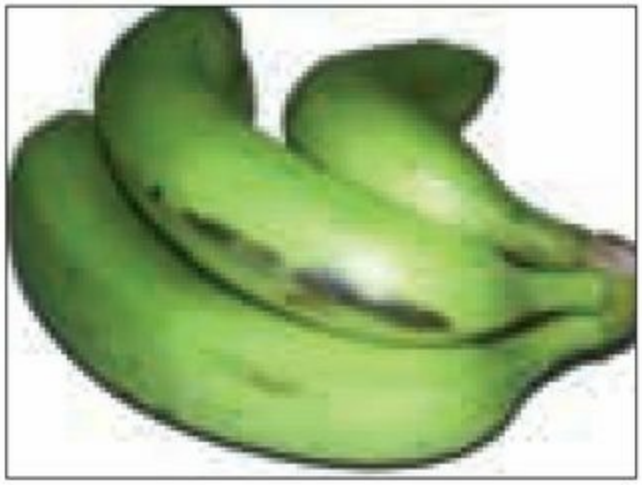


Figure 5. Grattages frais très accentués à la manutention en station (Cirad).

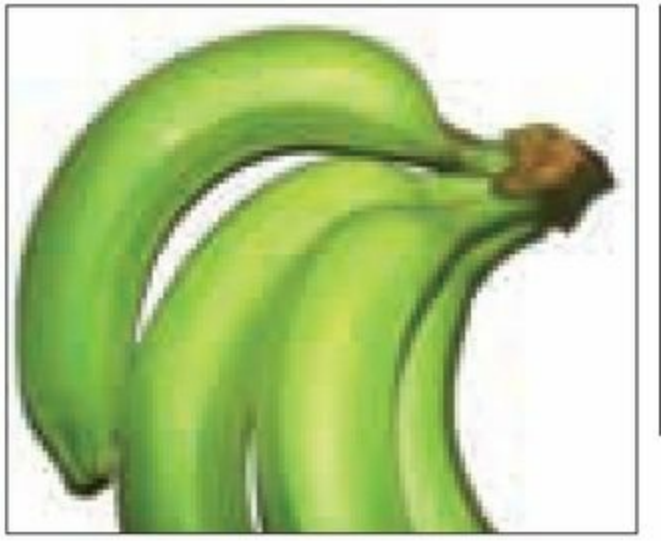


Figure 6. Pliure de pédoncule (Cirad).

Figure 7. Coup de couteau (Cirad).

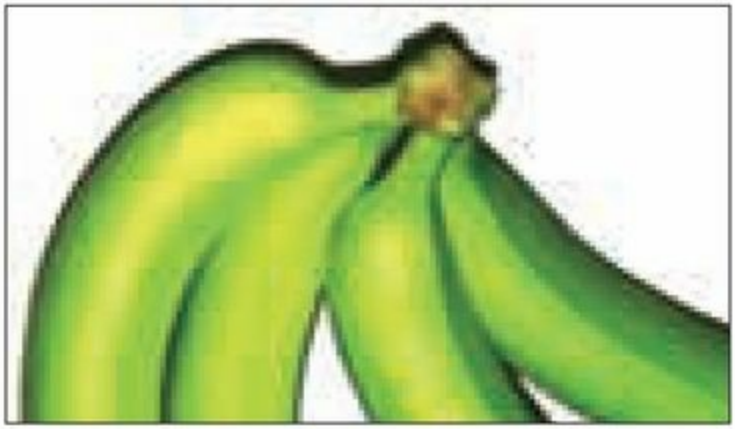


Figure 8. Couronne rase (trop courte) (Cirad).

Figure 9. Couronne en biseau (Cirad).

Recommandations

Trois ensembles d’actions concourent à une bonne qualité des bananes depuis la récolte jusqu’à la mise en cartons :

– les travaux de soins aux fruits sur pied, à savoir le gainage, le dégagement des régimes et le haubanage ;
– les critères de récolte qui comprennent le marquage des fleurs et les sommes de températures ;
– la qualité de réalisation des différentes étapes de récolte et de conditionnement, depuis la coupe du régime à l'emballage des bouquets dans les cartons. L'analyse des défauts et des déchets permet d'évaluer la qualité du travail réalisé tant sur les régimes au champ et en cours de transport que celui sur les fruits en station d'emballage. Cela est primordial pour obtenir une qualité régulière ou, mieux, améliorer la qualité mais aussi la quantité à l'exportation (fig. 10).

Figure 10. Les exigences de qualité ont bien changé depuis 1920 : transport à partir du champ sur wagonnets et chargement en wagons pour le transfert au port d'expédition (Costa Rica) (Cirad).

Gestion de l’eau et des effluents de la station de conditionnement

L’évolution des exigences de commercialisation et de protection du patrimoine environnemental conduit à revoir tout le processus de préparation des bananes à la consommation.

Normes de production et traçabilité

Au champ, les systèmes et les itinéraires de culture qui sont en cours de généralisation prennent en compte d’une part la qualité sanitaire du produit — une banane propre — et d’autre part la qualité du milieu environnemental — un milieu propre. Ainsi, des normes de production sont introduites comme les labels agriculture raisonnée, agriculture biologique, Iso 9000 et Iso 14000. En outre, le protocole Eurepgap, établi en 2000 pour la production de fruits et légumes, garantit la traçabilité du produit tout au long de la filière, du champ au consommateur.

Il est indispensable de mettre en place ces nouvelles procédures en particulier au cours de la phase comprise entre la récolte et le conditionnement de la banane — maillon capital de la production de bananes. En plus de l’application du règlement 2257/94 de la Commission européenne fixant les normes de qualité pour les bananes, les normes actuelles intègrent le traitement des eaux usées ; le recyclage des résidus organiques ; la gestion des autres résidus (plastiques, etc.).

La demande forte de fruits sans traitement postrécolte conduit à rechercher des solutions applicables aux spécificités du régime de banane. La mise en place d’ateliers de conditionnement utilisant les principes de l’agroalimentaire est à approfondir pour réduire le plus possible les risques d’infection parasitaire sur les doigts de banane et donc l’emploi de produits pesticides (fongicides et bactéricides).

Préserver la qualité des fruits avant le conditionnement

En premier lieu, il faut disposer de régimes sans parasites et exempts de début d’infection (chancre dans les stigmates des pièces florales par exemple). Tous les soins aux régimes dès le stade tête de cheval, tels le dégagement des régimes et le gainage, sont donc essentiels. Il n’est pas envisageable de traiter avec des pesticides.

En second lieu, récolter et transporter les fruits en limitant les blessures et en préservant la propreté des régimes (absence de sable, terre et déchets

organiques). Les remorques et les matériels de transport sont nettoyés quotidiennement sur une aire adaptée pour récupérer les eaux usées.

Entretien de la station d'emballage

L'atelier et ses abords ne doivent pas être un foyer de multiplication des parasites potentiels et spécialement de champignons (anthracnose…) et de bactéries.

Propreté des abords

La périphérie de la station de conditionnement ne doit pas être un dépotoir comme c'est trop souvent le cas. Elle doit être dégagée.

• Stabiliser le sol pour que le personnel, les tracteurs et les camions circulent sans projection de boue.

• Empêcher toute stagnation d'eau, éviter les ornières.

• Stocker les écarts (hampes, bananes) dans une remorque au fur et à mesure et les évacuer en fin de journée, ne pas les laisser aux abords (fig. 1). Broyés, ils serviront à fabriquer du compost (loin de l'atelier).

• Installer une protection contre le vent pour limiter la propagation des spores.

• Prévoir un entretien au moins hebdomadaire. Après chaque coupe, au moins une fois par semaine, balayer ou ratisser et récupérer les plastiques.

Entretien de l'atelier

L'infrastructure de l'atelier doit être conçue pour faciliter le maintien de la propreté dans l'ensemble du volume, pas seulement en surface. Le carrelage est quasi indispensable.

Rappelons qu'il ne doit jamais y avoir de stockage d'engrais ou de pesticides dans l'enceinte de l'atelier et les abords.

La propreté de l'atelier repose sur les principes et les installations suivantes.

• Élimination en continu des déchets. Les écarts de triage et les hampes sont évacués par tapis roulant jusque dans une remorque en permanence à quai. Les plastiques (bandes de marquage, collet des gaines) sont déposés à part.

• Balayage fréquent des pièces florales au poste d'épistillage. Le poste d'épistillage (fig. 2) doit être situé bien avant la douche du régime (fig. 3) même s'il est prévu un dégrillage des eaux avant filtration.

• Lavage journalier du sol de la station. Les eaux usées sont dégrillées puis rentrent dans le circuit de recyclage.

• Récurage général en fin de coupe. Au moins une fois par semaine, laver complètement le sol et les matériels (transrouleurs, penderies, plateaux, balances, etc.). Utiliser un désinfectant ménager (eau de javel).

• Les eaux de lavage sont aussi recyclées. Éviter de gaspiller de grands

volumes d’eau pour ne pas encombrer le système de filtration.
• Renouvellement de l’eau des bacs. S’il n’y a pas de filtration, changer l’eau des bacs de dépattage chaque jour. Un récurage hebdomadaire s’impose. En cas de bac de rinçage, seul l’entretien de fin de semaine est nécessaire. Les bacs de lavage avec filtration continue ne sont pas à vider chaque semaine.
• Maintenir l’atelier propre en permanence. Utilisation de poubelles avec tri sélectif.

Figure 1. Doigts de banane et autres déchets végétaux ne doivent pas rester près de l’attelier de conditionnement : risques sérieux de pollution fongique (Cirad).

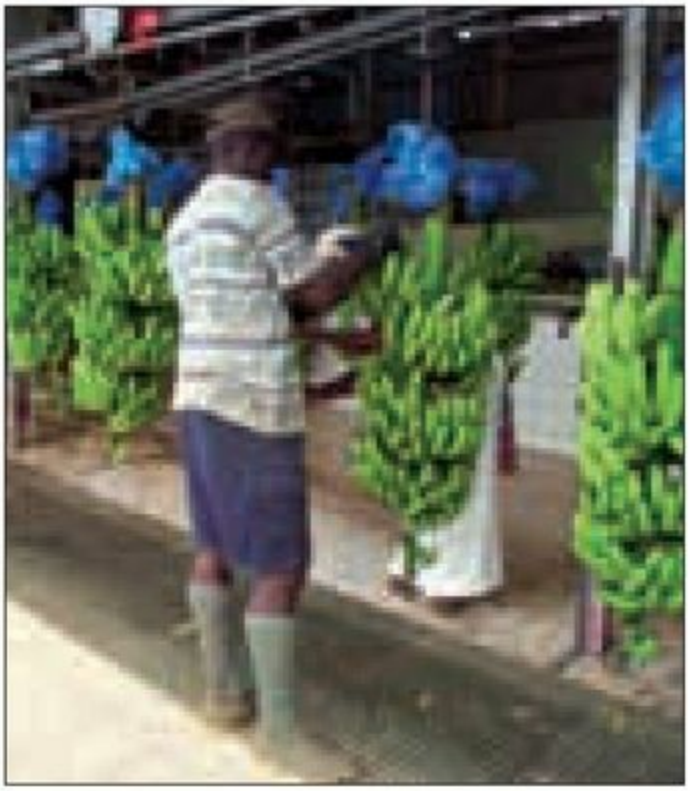


Figure 2. Épistillage à réaliser sur une grille avec évacuation par courant d'eau vers le dégrillage (Cirad).

Figure 3. Lavage à la douche très recommandé (limitation du parasitisme), eau à recycler (latex et matières minérales) (Cirad).

Traitement et recyclage des eaux de lavage

L'évolution des normes environnementales et sanitaires conduit les producteurs de banane à gérer plus rigoureusement l'eau et les effluents de la station d'emballage. Les objectifs à atteindre sont de ne plus gaspiller l'eau, de ne plus rejeter d'eau sale et de bouillie fongicide.

Gestion de l'eau

L'eau utilisée pour le lavage des fruits est en général d'une qualité médiocre et non contrôlée. Cette eau peut être une source d'inoculum de champignons et de bactéries et pénétrer à l'endroit des coupes franches (portes d'entrée aux micro-organismes pathogènes).

En outre, en sortie de station, l'eau est chargée de résidus de lavage des fruits : débris organiques (pistils, morceaux de hampe, latex), sulfate d'alumine (floculation du latex), champignons et bactéries (*Fusarium* sp., *Colletotrichum musae, Cephalosporium* sp., *Erwinia* sp.)

Les stations qui fonctionnent en circuit ouvert — la majorité — consomment de grandes quantités d'eau : pour conditionner une tonne de banane, il faut environ 20 m^3 d'eau.

Système de traitement et de recyclage

Une méthode de recyclage a été mise au point en Martinique. Quelle que soit

la qualité souhaitée, l'eau est traitée et contrôlée en plusieurs étapes afin d'éliminer les matières organiques et minérales en suspension, puis de désinfecter. Le latex contenu dans l'eau de lavage risque de tacher les bananes, il est donc nécessaire de l'extraire par l'ajout d'un floculant minéral (sulfate d'alumine).

Principe

Au cours du recyclage des eaux de lavage, de dépattage et d'épistillage, l'eau transite successivement par le dégrilleur-tamis, le floculateur-décanteur, puis la cuve de chloration (fig. 4).

• Le dégrillage-tamisage retient les déchets solides (morceaux de bananes, pistils, coussinets).

• La floculation au sulfate d'alumine est suivie d'une décantation dans une cuve cylindro-conique pour séparer le latex et les sables.

• La désinfection au chlore élimine les micro-organismes (bactéries et champignons).

• Deux cuves (décanteur et chlorateur) et tout le dispositif d'asservissement sont nécessaires au bon fonctionnement quasi automatique de ce procédé.

Fonctionnement et entretien

Le latex coagule en présence de sulfate d'alumine. Les conditions optimales de floculation sont un pH compris entre 5 et 6 et une concentration en sulfate d'alumine de 100 à 150 mg par litre. Le produit décante dans une cuve cylindro-conique (fig. 5).

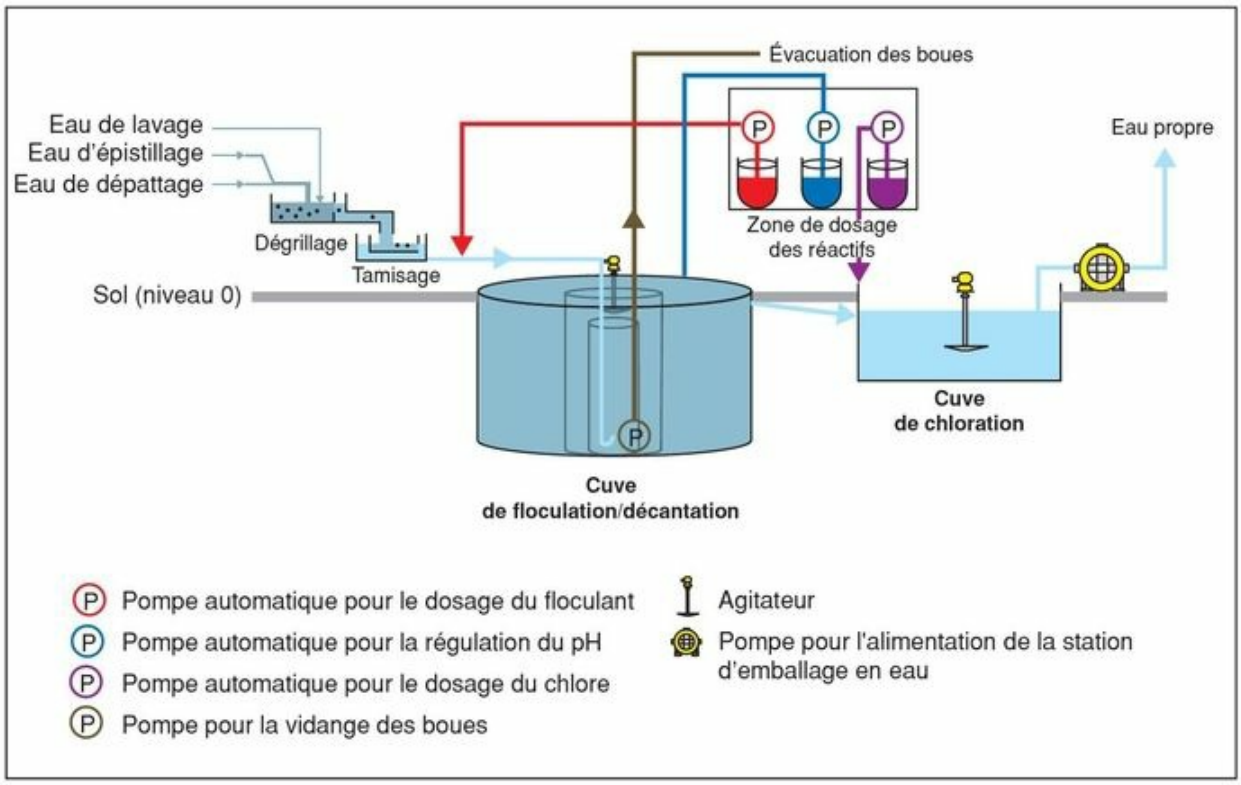


Figure 4. Principe d'un système de recyclage et de traitement des eaux de lavage des bananes (Cirad).

La désinfection par le chlore réduit le développement des populations de bactéries et de champignons. L'eau recyclée et traitée, contenant 1 ppm de chlore libre, n'est plus une source de contamination des fruits. D'autre part, à partir de 2 ppm de chlore libre, l'eau de lavage réduit le développement du chancre (fig. 6).

Ce système de traitement et de recyclage nécessite peu de manipulations. Il faut principalement mélanger les trois produits chimiques (sulfate d'alumine, soude caustique et hypochlorite de calcium) dans des fûts, vider toutes les semaines les boues du décanteur et vidanger tous les 4 mois l'intégralité du circuit.

Figure 5. Vue d'une unité de recyclage et de désinfection des eaux de lavage (Cirad).

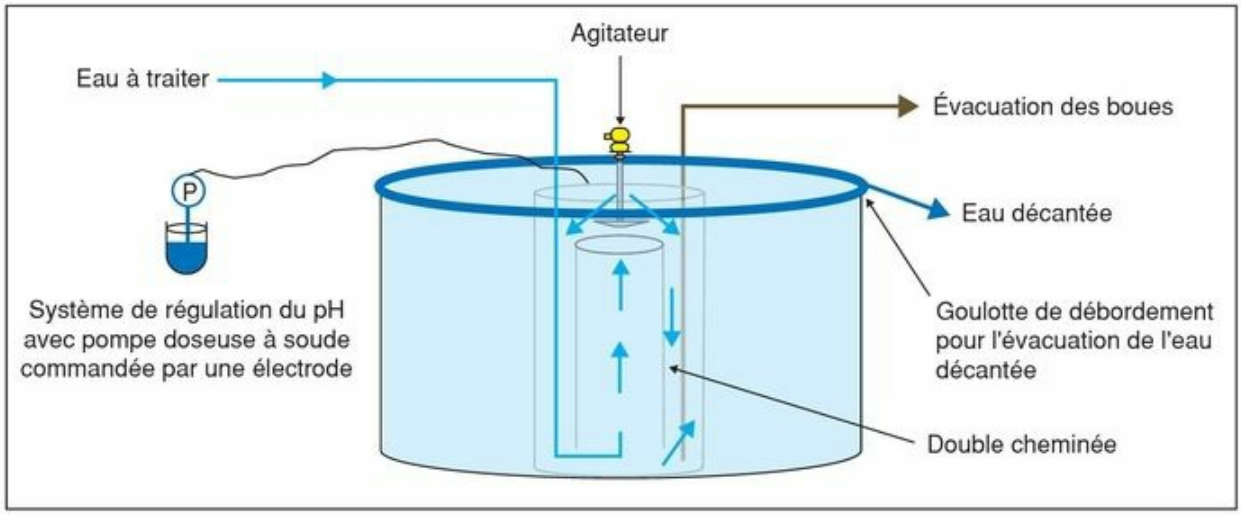

Agitateur
Eau à traiter
Évacuation des boues
P
Eau décantée
Système de régulation du pH avec pompe doseuse à soude commandée par une électrode
Goulotte de débordement pour l'évacuation de l'eau décantée
Double cheminée

Figure 6. Schéma de la cuve de floculation-décantation (Cirad).

Avantages et contraintes du système

L'eau de lavage recyclée et traitée a les caractéristiques générales d'une eau potable, exception faite de la concentration en aluminium supérieure à la norme. Il est alors possible de neutraliser l'acidité de l'eau (liée à la concentration en aluminium) en ajoutant de la chaux lors de la vidange tous les 4 mois.

Alors que la consommation d'eau dans un système de lavage normal est de 40 000 m^3 par an, elle est de 400 m^3 par an avec le recyclage (y compris 3 vidanges totales par an). La consommation annuelle d'eau du système avec recyclage est divisée par 100 par rapport au système « ouvert ».

Obtenir une telle qualité de traitement des eaux et limiter le coût des installations à mettre en place nécessitent :

– de l’eau potable pour la mise en eau du circuit et les remises à niveau et non de l’eau de qualité inconnue (rivière, mare, ravine…). Si on ne dispose pas d’eau potable, il faut épurer l’eau selon le processus complet de dégrillage, filtration et traitement avant l’introduction des bananes ;
– la collecte séparée des solutions du traitement fongicide et de toute eau contenant des pesticides ;
– un débit d’eau limité dans la station afin d’utiliser seulement la quantité suffisante pour un bon lavage des fruits et le maintien du débit constant. Le traitement des eaux est dimensionné pour un débit donné et ne sera pas efficace pour un débit plus élevé.

Utilisation raisonnée des fongicides

Que le traitement fongique soit fait par trempage ou par pulvérisation, en circuit perdu ou recyclé, les bouillies sont rejetées quotidiennement dans la nature après utilisation. Ainsi, ces molécules sont détectées dans les eaux de rivière de manière sporadique. Pour remédier à cette pollution, deux solutions ont été envisagées : d’une part, réduire les quantités de bouillies rejetées en allongeant leur durée d’utilisation, et d’autre part, dépolluer efficacement les reliquats de bouillies. Cela impose une utilisation du fongicide en circuit fermé et un ajustement régulier de la concentration.

Réduction des quantités de solution fongique

En circuit fermé, la dilution de la bouillie est inéluctable : les plateaux de fruits arrivant des tunnels ou des bacs de lavage transportent un certain volume d’eau qui, par ressuyage, s’ajoute à celui de la solution fongicide. Le degré de dilution est lié au nombre de plateaux passés (fig. 7).
Pour maintenir la concentration de produit recommandée, des ajouts de fongicides sont indispensables. Il est alors possible de conserver une bouillie fongique pendant 5 jours. Ce dispositif réduit la quantité de fongicide de 10 % et la quantité d’eau de 50 %.

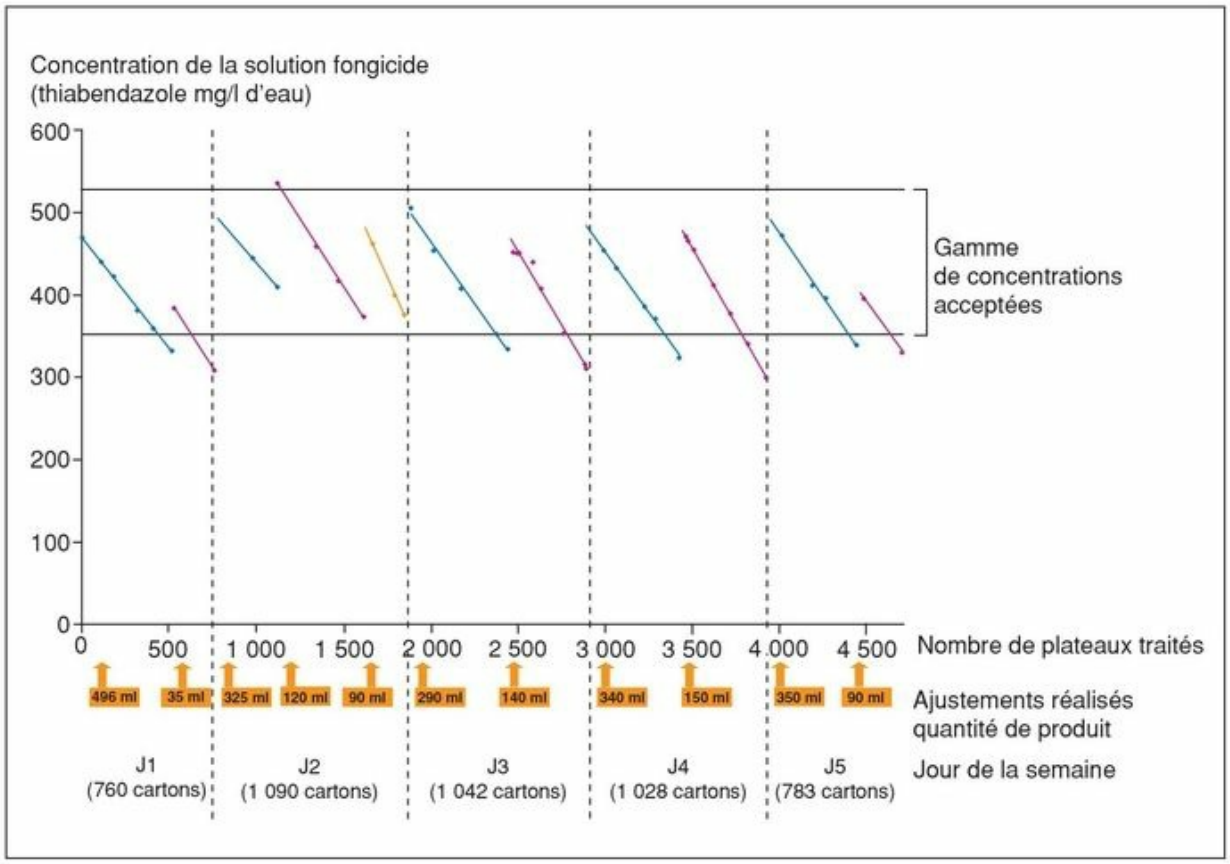


Figure 7. Réajustement de la concentration de la solution fongicide en fonction du nombre de plateaux traités (Cirad).

Dépollution des bouillies fongiques (cas du projet Sentinel)

Sentinel est une unité pilote de décontamination des eaux (fig. 8).

Après précipitation des particules polluantes (par 4 substances minérales, fournies par le constructeur), la solution passe sur 2 filtres à charbon actif. Le taux moyen de décontamination pour les 3 matières actives analysées est proche de 100 %. Le procédé, d'une capacité de 750 litres, permet de délivrer 500 litres d'eau purifiée. L'opération dure 8 heures en temps normal.

Plusieurs systèmes de recyclage des eaux utilisées en station d'emballage de la banane sont en cours de d'évaluation. La demande de « bananes sans pesticides » et le souci de préserver la qualité de l'environnement sont de plus en plus prégnants. Avant 2010, tous les ateliers de conditionnement devraient en être équipés.

Figure 8. Atelier pilote de dépollution des solutions fongicides (marque Sentinel) (Cirad).

Chaîne de préparation des fruits

La chaîne de préparation des fruits doit répondre à plusieurs exigences : propreté, sécurité, respect de la nature, équipements adaptés aux différentes tâches à accomplir.

Installation de la chaîne de conditionnement

Toute chaîne de conditionnement doit impérativement être mise en place dans un hangar dont les abords sont aménagés et maintenus propres. Le bâtiment doit satisfaire aux exigences de sécurité et de protection de l'environnement.

L'aménagement du circuit d'eau est à concevoir de façon à utiliser et à perdre le moins d'eau possible. La mise en place d'un procédé de recyclage des eaux sans pesticides est une nécessité. En outre, il faut prévoir un bac de stockage des solutions de fongicides à dépolluer. Le traitement pourra se faire par le procédé Sentinel par exemple.

L'installation électrique doit répondre aux besoins d'alimentation des conteneurs. Elle doit être bien répartie dans le hangar, offrant une bonne visibilité à chaque poste de la chaîne.

La penderie d'attente doit permettre de gérer les à-coups de livraison des régimes. Elle représente l'équivalent au minimum d'une heure de travail. Les quais de déchargement des remorques (ou les arrivées par *cable way*) et les quais de chargement des conteneurs doivent être couverts (les premiers contre le soleil, les derniers contre la pluie).

Plusieurs types d'équipement sont possibles : rinçage dans des bacs ou en tunnel, traitement postrécolte par trempage ou atomisation, solution fongicide recyclée ou perdue. Cependant, pour satisfaire les exigences externes actuelles (environnement, traçabilité, sécurité sanitaire), l'installation recommandée comprendra : un bac de lavage, un tunnel de rinçage et le traitement fongicide par atomisation en circuit fermé.

Rappel du règlement de l'Union européenne

Le règlement 2357/94 de l'Union européenne du 16 septembre 1994 établit des normes réglementaires pour le marché européen. Il peut exister (et il existe) des normes commerciales particulières, mais elles respectent obligatoirement les bases édictées dans ce règlement. Quelques aspects fondamentaux sont rappelés.

Calibrage

• La longueur du fruit est exprimée en centimètres, mesurée sur la face convexe, depuis le point d'insertion du pédoncule sur le coussinet jusqu'à

l’apex. La longueur minimale est fixée à 14 cm.
• Le grade correspond à la mesure, exprimée en millimètres, de l’épaisseur d’une section transversale du fruit pratiquée entre ses faces latérales et en son milieu, perpendiculairement à l’axe longitudinal. Le grade minimal est fixé à 27 mm.
• Le fruit de référence servant à la mesure de la longueur et du grade est le doigt médian situé sur la rangée extérieure de la main ou le doigt situé à côté de la coupe qui a servi à sectionner la main, sur la rangée extérieure du bouquet.

Classification et tolérances : pour les bouquets

Chaque bouquet doit avoir au minimum 4 doigts, avec une tolérance de un bouquet de 3 doigts par rangée dans le carton. Pour chaque carton, il est toléré 2 doigts manquants par bouquet, sous réserve que le pédoncule ne soit pas arraché mais sectionné nettement.

Déchargement et contrôle sur la penderie

Précautions au déchargement

Le déchargement doit être effectué avec les mêmes précautions que pour le transport : bonne prise en mains pour l’accrochage sur la penderie, pas de chocs. Le stockage à terre est interdit.

Accrochage et avancement sur la penderie

Sur la penderie, éviter le balancement des régimes car il provoque des blessures superficielles ou des meurtrissures. L’avancement automatique est à privilégier. La penderie doit être protégée du soleil et bien aérée.
Plusieurs opérations sont à réaliser après avoir relevé la gaine au-dessus du régime.
• L’acceptation des régimes comprend les contrôles de la semaine de floraison et du poids brut, la vérification du grade et de l’aspect général avec décision de rejet éventuel.
Aucun régime sans marquage ou tombé à terre depuis plus d’un jour ne doit être accepté.
En cas de fruits trop pleins ou récoltés avec plus d’une semaine de retard (quatrième semaine), tout le régime est rejeté, pas seulement les mains du haut.
Sont enregistrés obligatoirement le comptage des régimes arrivés (acceptés et refusés), la répartition par semaine de floraison et par parcelle, le poids des régimes.
• Le contrôle de la qualité en entrée doit être immédiat de façon à transmettre

les consignes au personnel chargé de la coupe (par exemple, erreur sur les semaines, blessures fraîches, plateaux sales).
• L'épistillage doit être total afin qu'aucun pistil n'atteigne le bac de lavage. Il se pratique le plus loin possible du bac de dépattage pour que la coagulation de la sève soit terminée. Le sol doit être fréquemment balayé.
• Lavage des régimes. Le lavage des régimes à la douche est recommandé. À faire sur un fossé d'évacuation des eaux usées, mais bien séparé du point d'épistillage.

Préparation des bouquets

Dépattage et découpe en bouquets exigent des couteaux appropriés et toujours parfaitement aiguisés. C'est la première condition pour éviter les arrachages, les aspects fibreux et les ratages. Et aussi : précision du geste, coup d'œil, soin, un peu de temps.

Dépattage

Le dépattage ne doit jamais compromettre le capital en doigts du régime.
Il se fait :
– à partir du bas du régime, pour éviter les risques de frottement sur la main au-dessous (fig. 1) ;
– par section de la hampe à l'aide d'un couteau courbe à lame longue, ce qui permet de disposer d'un coussinet suffisant sur les côtés de la couronne ;
– au-dessus du bac de lavage, ce qui évite de porter chaque main (source de fatigue inutile, pliures de pédoncules, grattages par écrasement ou par frottement sur le rebord du bac).
Le dépattage peut aussi se faire avec un banacut en commençant par le haut. Le coup de main est essentiel pour une bonne découpe. Les mains découpées sont déposées, en les tenant par-dessous et non par les fruits, de préférence dans deux bacs de lavage (l'un pour les fruits longs et l'autre pour les plus courts).

Découpe

La qualité des régimes à l'arrivée en atelier a une forte incidence sur la qualité de la découpe en bouquets. Au moment de la confection des bouquets, l'objectif est de rejeter le moins possible de doigts conformes grâce à la maîtrise de la fabrication des bouquets.

Figure 1. Dépattage par section de la hampe, par le bas, au-dessus du bac de lavage (Cirad).

C’est une étape capitale tant pour la qualité du produit que pour le taux d’écarts de triage.

• La découpe se fait à l’extérieur du bac sur une tablette recouverte d’une mousse de caoutchouc, l’ensemble est protégé par une gaine propre qu’il faut changer deux fois par jour. Le bouquet est découpé à l’aide d’un couteau courbe parfaitement aiguisé.

• La suppression de tous les doigts non conformes doit se faire à l’extérieur du bac par une découpe au tiers de la longueur du pédoncule côté couronne. Tous les doigts restants sont mis en bouquets compacts (homogènes, faciles à emballer).

• La sélection des bouquets. La main est posée à plat sur sa face convexe, le coussinet orienté vers le découpeur. Commencer systématiquement la découpe par un bouquet de 5 doigts, plus facile à emballer, du coté gauche. La découpe progresse ensuite de la gauche vers la droite : faire le maximum de bouquets compacts, éviter les gros bouquets de 8 doigts.

• La réalisation des couronnes. La main gauche tient fermement le bouquet, la découpe se fait en orientant la lame vers l’extérieur en tirant le couteau vers l’arrière. La couronne du premier bouquet (5 doigts de gauche) est préparée en deux coups de couteau : d’abord le morceau de couronne de gauche par une découpe oblique, puis arasement du sommet de la couronne. Dans les bouquets du milieu, les côtés sont déjà taillés : araser simplement le sommet. Pour préparer le dernier bouquet (de droite), couper d’abord le dessus de la

couronne puis le côté par une découpe oblique.

Rinçage

Le but du rinçage est d'éliminer le latex s'écoulant par les cicatrices de découpe. À la fin du temps de rinçage (au minimum 12 minutes), il ne doit plus y avoir d'écoulement de latex. Les bouquets sont placés soit en vrac (fig. 2) dans un bassin (avec de l'eau additionnée de sulfate d'alumine pour la floculation) soit, après mise en plateaux, sous des jets de brumisation (fig. 3). L'eau utilisée doit être saine, ou recyclée avec traitement.

Figure 2. Découpe de la main en bouquets. et rinçage par flottaison. Cirad).

Figure 3. Rinçage sous jets des bouquets placés en plateaux prépesés et bouquets triés (Cirad).

Mise en plateau et prépesée

Les plateaux sont évidemment propres. Les bouquets sont placés couronne vers sle haut et côte à côte. Le mieux est de remplir le plateau sur la balance avec une quantité correspondant à un carton avec des fruits homogènes. Cela évite des manipulations supplémentaires avant la mise en cartons, toujours préjudiciables à la qualité. De plus, la quantité de bananes traitées en

postrécolte peut être évaluée précisément, ce qui est indispensable pour le réajustement de la concentration de la solution de fongicide.
La mise en plateau est l'occasion de parfaire la sélection avant traitement et emballage.
Les autocollants *(stickers)* sont posés sur la face concave de la banane au centre du bouquet à ce moment-là.

Traitement postrécolte

La technique recommandée est l'application d'une solution fongicide recyclée et réajustée par atomisation (ou fine lame d'eau) sur des plateaux prêts à l'emballage (fig. 4), mais le badigeonnage seulement sur la couronne est largement pratiqué (fig. 5).

• La matière active fongicide doit être différente de celle utilisée en traitement contre la cercosporiose au champ.

• La concentration recommandée doit être respectée à la mise en solution. En cours de fonctionnement, l'écart de concentration ne doit pas dépasser 20 % (au-dessus et au-dessous). En circuit fermé, le réajustement de la concentration doit se faire régulièrement, ne pas descendre au-dessous de 80 % de la normale.

• Les buses doivent être en parfait état, le débit constant. L'application doit être homogène.

• Pour que tous les bouquets (de tous les plateaux) soient bien traités, il faut 30 secondes. L'avancement et le déclenchement de l'atomisation doivent être automatisés. Dans ce cas, ne jamais pousser les plateaux à l'entrée ni les tirer à la sortie.

Figure 4. Traitement fongicide des fruits sous tunnel, par atomisation (Cirad).

Figure 5. Traitement fongicide par badigeonnage au pinceau uniquement des couronnes (Cirad).

Emballage

L’emballage doit préserver la qualité des fruits, rendre le produit attrayant et être conforme à la réglementation. C’est une tâche essentielle qui doit être confiée à du personnel expérimenté : gestes précis, sens de l’observation, technique rigoureuse, conscience professionnelle, respect du produit et rapidité.

Les cartons — montés sur place (fig. 6) — sont conformes à la réglementation et aux cahiers des charges. Le pad (papier kraft ou plastique) assure la protection entre les rangées de fruits. Le polybag (sac plastique) sert à maintenir l’humidité et à freiner l’évolution physiologique et parasitaire avant la commercialisation (fig. 7).

Pour bien visualiser les gestes d’emballage des bouquets une formation en station est indispensable. En sachant que toutes les rangées doivent être compactes (bon mariage des bouquets), il faut suivre les différentes étapes :

– bien centrer le pad et le polybag, soudure au centre du fond, placer les cales ;

– mettre en place la 1re rangée avec des bouquets moyens, assez plats ;

– utiliser les plus petits bouquets pour la 2e rangée, retirer la cale ;

– tirer le pad, les bouquets de grands fruits de la 3e rangée reposent sur la première ;

– enlever l’autre cale, tirer le pad, pour la 4e rangée, placer des bouquets de taille moyenne ou grande.

Figure 6. Montage des cartons (Cirad).

Figure 7. Un carton en fin d'emballage. Il reste à vérifier le poids et à poser du couvercle (Cirad).

Respect de la réglementation européenne

Poids des colis

Chaque type de colis correspond à un poids réglementaire à respecter. Il faut disposer de balances aux postes de mise en plateau (prépesée) mais aussi lors de la vérification après emballage. Les balances doivent être contrôlées et étalonnées par un organisme officiel (une fois par an) et il faut pouvoir les vérifier au moins chaque semaine à l'aide d'une tare.

Surclassement en longueur ou en grade

Il s'agit de la présence de fruits trop courts ou trop maigres pour une catégorie donnée : 17 cm / 34 mm en minimum Extra ; 16 cm / 32 mm en C1. Pour éviter de surclasser les fruits, tous les postes doivent disposer d'un curvimètre et d'un calibre.

Expédition et mûrissage des fruits

Les conditions de déroulement de cette phase — durée, température, ainsi que d'autres facteurs du milieu — vont déterminer la qualité du produit tant son aspect externe que ses qualités gustatives. Les modalités de mûrissage sont très importantes.

Les deux avancées majeures depuis 15 ans dans le transport de la banane sont l'utilisation de conteneurs réfrigérés autonomes et la palettisation.

Maturation de la banane

La période de maturation, comprise entre la phase de grossissement et la phase de sénescence du fruit, comporte trois états climatériques : précrise, crise et postcrise. Le stade de coupe est défini de façon à ne pas atteindre la crise climatérique avant le débarquement des bananes — le critère utilisé étant la durée de vie verte.

Indicateur : l'échelle colorimétrique

Au cours de la maturation, il y a de profondes modifications de l'intensité respiratoire du fruit du fait de la mise en place de nombreux processus biochimiques : augmentation de la biosynthèse d'éthylène, conversion de l'amidon en sucres, production de composés volatils, désagrégation des parois cellulaires et dégradation de la chlorophylle contenue dans la peau. Une échelle colorimétrique de la peau a été définie et est mondialement utilisée (fig. 1) pour déterminer le degré de maturation des fruits.

Bien que le cycle de maturation de la banane jusqu'à la sénescence puisse se réaliser naturellement, le processus est très ralenti par le transport à 14°C. Ainsi, on peut récolter à un stade avancé de maturation (fruits bien remplis) : par exemple, les fruits sont récoltés à durée de vie verte de 24 jours (base 14 °C) avec la chaîne actuelle de froid. En revanche, si la température moyenne de transport est de 24 °C, la durée de vie verte est réduite à 12 jours. Dans ce cas, pour conserver la même garantie de maturation, il faudrait récolter au moins deux semaines plus tôt avec un grade faible et un fruit trop vert pour une bonne qualité gustative (ou bien utiliser le transport avion).

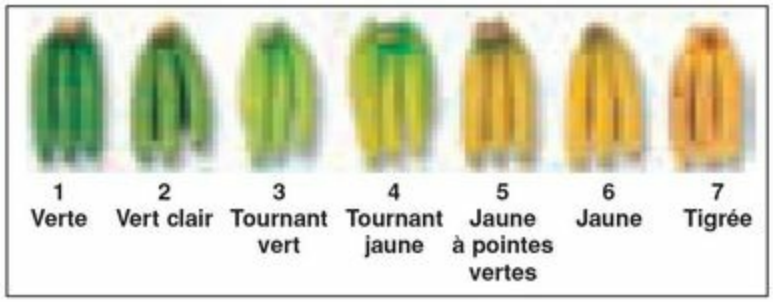


Figure 1. Echelle colorimétrique standard pour les bananes dessert du sous-groupe Cavendish (Cirad).

Mûrissage artificiel

Pour mettre en marché des lots homogènes, on déclenche le mûrissage artificiel. La phase climatérique est déclenchée artificiellement par un apport d'éthylène exogène.

Le processus global de développement, de maturation et de sénescence des bananes — depuis le stade fleur pointante jusqu'à la sénescence de la pulpe — est schématisé (fig. 2). Il se réfère à la coloration externe de la peau (pour une récolte à environ 1 000 degrés-jour base 14 °C) et au marquage de la floraison au stade tête de cheval.

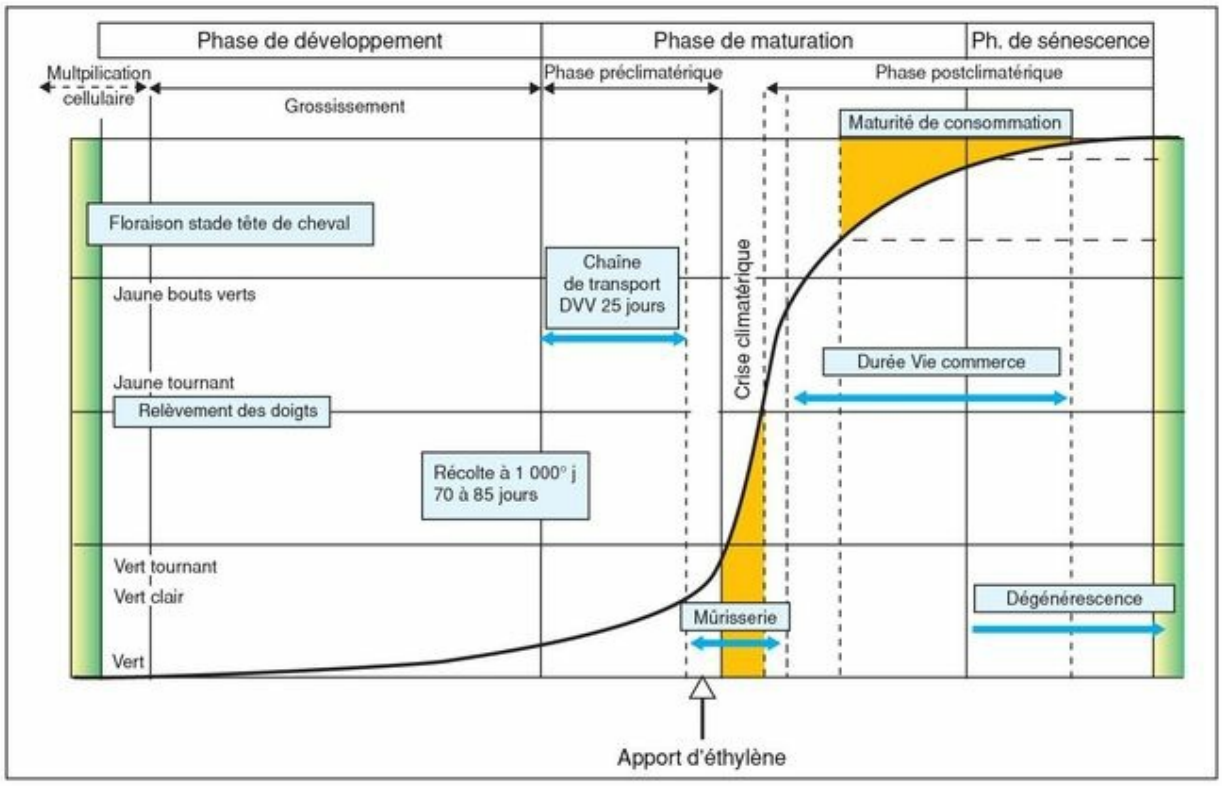


Figure 2. Schéma des phases du développement et de la maturation de la banane caractérisées par l'évolution de la couleur de la peau (courbe en gras

noir). Abscisses, temps en jours (valeurs relatives). Ordonnées, stades de l'échelle colorimétrique de la figure 1. (Cirad).

Des transformations ont lieu au cours de cette phase : la texture de la pulpe se ramollit ; l'amidon se transforme en sucres (la teneur en sucres est maximale au stade 5, fig. 2) ; les arômes de la pulpe évoluent. Les composés phénoliques (tanins) responsables de l'astringence diminuent, la concentration en composés aromatiques et acides organiques s'accroît, les acides gras se transforment en composés aromatiques et les alcools en esters.

Expédition et chaîne du froid

Palettisation

Une fois les cartons remplis, ils sont mis en palette. La palettisation a pour objectif de réduire les coûts des multiples manipulations des cartons et de réduire les risques de meurtrissure.

Les palettes (plateaux) sont de dimension standard et tous les types de cartons ont aussi des dimensions adaptées à cette norme internationale (liée à la meilleure utilisation des surfaces des camions et conteneurs). Pour assurer la solidification, une cornière est fixée à chaque coin ; 5 cerclages de feuillard (bande plastifiée servant au cerclage) sont nécessaires pour consolider l'ensemble.

La palette terminée comporte l'équivalent de 8 rangées de 6 cartons standards, c'est-à-dire 48 cartons de 18,5 kilos de bananes. Il faut s'assurer que les cartons sont rangés selon un plan défini, bien placés dans les coins, sans être bombés. Mettre en place des feuillards au fur et à mesure de l'empilement des cartons.

Maintien de la chaîne du froid

La chaîne du froid doit être enclenchée rapidement après la coupe et ne doit subir aucune rupture sévère depuis l'entrée de la palette dans le conteneur jusqu'à la réception en mûrisserie.

La température de référence est 14 °C ; trop élevée elle provoque des mûrs d'arrivage et du chancre, au-dessous de 12 °C elle induit des symptômes de frisure. Le renouvellement d'air est de 30 fois le volume du conteneur par heure.

De la coupe à la mise en froid

Le délai de mise en froid ne doit pas excéder 24 heures après la coupe. Cela est facile avec les conteneurs réfrigérés (reefer) mis à disposition au quai de la chaîne de conditionnement. Il est même possible de limiter ce délai à 8 heures. Prendre la précaution d'arrêter la ventilation avant le chargement.

Dans le conteneur, le chargement se fait par palier, par lot de 8 à 10 palettes. Il est conseillé de lancer le refroidissement une heure avant le chargement du premier lot. Aucune palette ne doit être entreposée dans un conteneur qui n'est pas en cours de réfrigération.
Les palettes seront serrées contre les parois et les unes contre les autres, sans créer de cheminées.

Transports routier et maritime

Le transport sans réfrigération autonome en cours de route pour le chargement dans des reefers (fig. 3) n'a pas d'incidence s'il ne dépasse pas 4 heures (sans arrêt au soleil !).
Le dispositif idéal est constitué de groupes électrogènes se positionnant sur les conteneurs pour la durée du transfert. En attente de chargement sur le bateau, les conteneurs sont rapidement branchés dans l'aire de transit. Une surveillance permanente est nécessaire pour qu'il n'y ait pas d'oubli de connexion. Noter que pour les conair, il a été mis en place des « murs de froid » (fig. 4).
Le chargement sur le bateau est rapide et la chaîne du froid n'est pratiquement pas interrompue. La température est enregistrée en continu et peut donc être vérifiée à l'arrivée.

Déchargement et transfert en mûrisserie

Le déchargement et surtout le transfert en mûrisserie doivent être rapides, à l'abri du froid (risque de frisure). Le meilleur moyen est le transport direct du conteneur jusqu'à la mûrisserie.

Figure 3. Conteneur de transport au port (Martinique) (Cirad).

Figure 4. Martinique : mise en froid ; « mur de froid » des conairs en attendant le chargement sur le « Bananier » (Cirad).

Phase de mûrissage

Le mûrissage est un processus essentiel de la qualité finale de la banane. Il faut considérer deux volets : l'initiation de la phase climatérique elle-même et les conditions d'évolution de la maturation lors de la mise en distribution.

Initiation de la phase climatérique

Chaque responsable de mûrisserie (fig. 5) choisit le protocole le plus adapté à l'état physiologique des bananes à l'arrivée et aux besoins du marché.

Le mûrissage est décomposé en 3 étapes : augmentation de la température, apport d'éthylène gazeux et ventilation à une température de maintien.

Figure 5. Entrée des palettes en chambre de mûrisserie (UNAPA Nantes) (Cirad).

La durée totale du mûrissage varie de 4 à 8 jours selon le programme de température choisi. Habituellement, les températures de départ sont comprises entre 15 et 18°C. Selon le protocole de mûrissage choisi (4, 6 ou 8 jours après un jour de gazage), la température de la chambre est diminuée progressivement (mais jamais au-dessous de 13 °C à cause du risque de frisure).

• Mûrissage en 4 jours : 2 jours à 18 °C, puis 1 jour à 16 °C, et 1 jour à 14 °C.
• Mûrissage en 6 jours : 2 jours à 16 °C, puis 1 jour à 15 °C, et 3 jours à 14 °C.
• Mûrissage en 8 jours : 8 jours à 14 °C.

Le gazage est réalisé avec de l'éthylène, amené généralement avec de l'azote (azethyl), à des concentrations comprises entre 500 et 1 000 ppm. Très souvent, le gazage commence à 1 000 ppm environ et diminue progressivement à cause des fuites. Après 24 heures d'exposition des fruits à l'éthylène, la chambre est ventilée (ouverture des portes).

La ventilation accroît la vitesse de maturation et la coloration des fruits évolue rapidement. L'hygrométrie est proche de la saturation le premier jour puis descend jusqu'à 80 %.

Qualité des fruits à l'entrée en mûrisserie

Pour que la banane soit la meilleure possible en sortie de mûrisserie, certains défauts ne sont pas tolérés et les fruits sont écartés à l'entrée en mûrisserie.

• Les pourritures de couronne et le chancre. Aucune tolérance pour ces défauts.
• Les « mûrs d'arrivage ». Les bananes mûres ou « tournant vert » doivent être écartées.
• Les lots hétérogènes. Les régimes récoltés à des stades variables vont mûrir de manière hétérogène.
• Les frisures. Dans les cas les plus graves, la peau est affectée et le mûrissage est compromis. Cela peut entraîner une perte d'arôme des fruits. Les bananes atteintes de frisure doivent subir un mûrissage plus rapide à des températures et à des hygrométries plus élevées afin de faciliter les échanges gazeux à travers des épidermes moins perméables que ceux des fruits sains.
• Défauts divers. Éviter aussi les défauts de stabilité des cartons, l'hétérogénéité des poids nets des cartons, les défauts de peau.

Valeur alimentaire et utilisations de la banane

Rappelons que Linné a dédié cette plante à Antonius Musa, médecin de l'empereur Auguste. Les premiers noms latins du bananier traduisent assez bien toute la curiosité et tout l'intérêt portés à cette herbe géante : *Musa paradisiaca,* herbe géante du Paradis, appellation générale et *Musa sapientum,* ou bananier des sages, pour la banane dessert.

Ce surnom de « bananier des sages » viendrait du fait qu'aux Indes les Sages appelés gymnosophistes — philosophes d'une ancienne secte hindoue dont les membres ne portaient pas de vêtements et menaient une vie d'ascètes contemplatifs — passaient une grande partie de leur temps sous le feuillage de ces plantes à philosopher avec, à portée de la main, leur nourriture. Une légende dit aussi qu'Adam et Ève furent chassés du paradis terrestre non à cause d'une pomme mais d'une banane.

La culture de la banane remonte à la plus haute Antiquité. Elle serait apparue en Nouvelle-Guinée sous des formes d'agriculture primitive dès le néolithique et existerait depuis 10 000 ans. Des traces de canaux d'irrigation datant de 9 000 ans ont été trouvées, ainsi que des pollens dans des sédiments remontant à 7000 ans.

Originaire d'Asie du Sud-Est, le bananier fut introduit d'abord en Éthiopie au VI^{e} siècle et répandu dans tout le continent, puis aux Canaries (1482) et de là aux Antilles (1516) et en Amérique latine.

Diversité des bananes

Il existe de très nombreuses variétés de bananiers cultivées pour leurs fruits. Il est rare de cultiver le bananier pour une valorisation prioritaire d'autres organes. La production de fruits (bananes plantains, bananes à cuire et bananes dessert) dépasse légèrement 100 millions de tonnes depuis 2003.

Bananes à cuire et bananes plantains

Ces bananes représentent 44 % de la production. Les plantains (17,6 millions de tonnes) sont moins cultivés (18 %) que les autres bananes de types ABB (fig. 1 et 2), AAA d'altitude et AAB autres que plantains. Cependant, 410 000 de tonnes de plantains (fig. 3) sont exportées. En fait, 98,5 % sont consommés directement dans les pays de production.

Bananes dessert

Les bananes dessert représentent 56 % de la production mondiale. Elles sont

consommées de préférence crues et mûres. Elles font l'objet d'un commerce international très développé (14,2 millions de tonnes, soit 32 % de la production) qui a plus que triplé en quarante ans. Le sous-groupe Cavendish, avec 45 millions de tonnes produites, est de loin le plus cultivé et représente plus de 97 % du commerce international. Le principal cultivar est la Grande Naine (fig. 4) puis Williams, Poyo et de nouvelles sélections en cours de développement.
Les variétés Gros Michel et autres, comme Pisang mas et Figue rose (fig. 5), n'atteignent que 12 millions de tonnes.

Composition nutritive de la banane

Une banane dessert épluchée pèse entre 90 et 120 g et contient 70 à 75 % d'eau.
• Elle apporte 90 à 120 kilocalories du fait de sa teneur en glucides (22 %) dont la nature évolue avec le mûrissement. L'amidon de la banane verte se transforme progressivement en glucose (20 %), saccharose (65 %) et fructose (15 %). À maturité, l'indice glycémique est voisin de 65 %. Les teneurs en protéines (1,0 %), lipides (0,5 %) sont insignifiantes (tab. 1).
• La banane apporte près du double de l'énergie fournie par la pomme et trois fois celle des agrumes.
• Elle contient des fibres (2,5 %), c'est-à-dire des polysaccharides non amylacés comme la cellulose, l'hémicellulose, les pectines. À mentionner : l'importance des tanins (0,4 %).
• La banane est pauvre en calcium, fer et sodium, mais sa richesse en potassium est reconnue. C'est une bonne source de vitamines A (carotène), B (thiamine, riboflavine, niacine, B6) et C (acide ascorbique).
Il existe de nombreux enzymes déclenchant le mûrissement mais aussi des protéases, pectases et cellulases attaquant les fibres. L'arôme si particulier de la banane mûre est produit à partir d'environ 350 composés volatils (éthers, alcools, aldéhydes, cétones, composés aromatiques).
La banane plantain évolue plus lentement et moins complètement en glucides que la banane dessert, en revanche elle est plus nourrissante que la pomme de terre. Elle est riche en vitamines A, B, C.

Figure 1. Régime de bananes à cuire (ABB) cultivar Bluggoe (Cirad).

Figure 2. Régime de bananes à frire (AAB) cultivar Popoulou (Cirad).

Figure 3. Régime de bananes plantain (AAB) sous-groupe French (Cirad).

Figure 4. Régime de bananes dessert (AAA) sous-groupe Cavendish cultivar Grande Naine (Cirad).

Figure 5. Régime de bananes dessert (AAA) cultivar Figue rose (Cirad).

Banane et alimentation

La banane partage avec l'ananas le titre de « Roi » ou d' « Empereur des fruits ». Pline l'Ancien (naturaliste et gastronome) vantait les mérites gustatifs de la banane « fière et orgueilleuse ». Produit exotique par excellence, la banane est le fruit le plus vendu au monde et le plus consommé notamment par les populations indigènes en raison de ses propriétés énergétiques.

Tableau 1. Composition de la banane dessert et de la banane plantain (pour 100 de pulpe fraîche).

Élément	Banane dessert	Banane plantain
Eau (g)	74	65
Potassium (g)	380 à 400	500
Calcium (mg)	6 à 9	3
Magnésium (mg)	30 à 45	35
Sodium (mg)	1	4
Phosphore (mg)	30	30
Fer (mg)	0 ,3 à 0,7	0,6
Énergie (kcal)	82 à 92	122
Protéines (g)	1	1,3
Lipides (g)	0,48	0,37
Glucides (g)	19 à 23	32
Fibres (g)	2,0 à 3,4	2.0 à 3.4

Composition de la banane dessert.

Élément	Quantité (pour 100 g de pulpe fraîche)
Carotène (µg)	150
Vitamine C (mg)	10
Vitamine E (mg)	0,4
Vitamine D (mg)	0
Vitamine B1 (mg)	0,04
Vitamine B2 (mg)	0,07
Vitamine B3 (mg)	0,6
Vitamine B5 (mg)	0,26
Vitamine B6 (mg)	0,42
Vitamine B9 (mg)	33
Soufre (mg)	10
Bore (mg)	0,38 à 0,53
Cuivre (mg)	0,2
Manganèse (mg)	0,45
Zinc (mg)	0,25

À souligner que la banane ne doit jamais être conservée au-dessous de 12 °C. Elle noircit et perd sa saveur.
Sa composition étant bien équilibrée, la banane est un fruit consommable à tous les âges et à tous les moments de la journée (et de la nuit !). Sa digestibilité est d'autant plus élevée que la peau est plus jaune et tachetée, elle est digérée en moins de 2 heures (de l'ordre de 1 h 45), alors que la pomme de terre nécessite plus de 3 heures (3 h 30).
Consommée nature, la banane est un aliment énergétique, modérément hyperglycémiant, facile à digérer même par les nourrissons et les jeunes enfants. Chez les sportifs, sa valeur énergétique associée aux vitamines prévient les contractions musculaires.
Le séchage de la banane pelée augmente sa teneur en glucides (65 %). La dessiccation de la pulpe permet l'obtention de flocons ou de farines utilisés en confiserie et pâtisserie ou encore en complément dans les farines pour enfants. Ils sont fabriqués avec des fruits non commercialisables en raison de leur aspect non conforme (et non pour leur qualité intrinsèque).
Le potentiel en tant que matière première glucidique est réel mais très peu exploité, la banane est généralement consommée nature ou cuite. Dans tous les cas, la consommation de la banane contribue à l'évidence à améliorer l'équilibre nutritionnel.

Banane et santé

Une synthèse très valorisante de la banane a été faite au cours des Entretiens de Bichat en 1998. Les conclusions sont reprises et complétées par quelques éléments de la pharmacopée traditionnelle.

Pathologies

• Digestion. Sans être un médicament, la banane a des effets positifs dans la gestion des troubles du transit intestinal et en gastropathie, aussi bien pour traiter la constipation que les diarrhées et les ulcères. Ce n'est pas du tout un ennemi du tube digestif.
• Diabète. Elle ne peut pas être utilisée pour corriger une hypoglycémie chez le diabétique. Tout au plus elle consolide la restauration d'une normoglycémie obtenue par un glucide riche en glucose. Elle n'a pas à être écartée du régime alimentaire si elle est consommée mûre à point.
• Métabolisme lipidique. Elle a une place de choix dans un régime hypolipémiant et aussi en prévention de l'artériosclérose.
• Obésité et surpoids. Elle est intégrée aux régimes hypocaloriques équilibrés ou hypolipidiques. C'est aussi un aliment de diversification à fort pouvoir

satiétogène.
En conclusion, la banane doit rester un aliment savoureux, ludique, pratique dont la consommation peut être encouragée à tous les âges sans créneau spécifique. Aliment et non alicament, malgré sa teneur exceptionnelle en potassium et en manganèse, la banane répond aux principaux critères nutritionnels en vigueur.

Pharmacopée traditionnelle

L'emploi du bananier en pharmacopée ne concerne pas que le fruit mais aussi les autres organes.
• Feuille de bananier. Directement appliquée sur les plaies, elle a une action antibiotique et cicatrisante. En décoction avec du sucre, elle est utilisée pour soigner : rhume, grippe, toux, hypertension et crise de foie. Chauffée, elle est appliquée contre les rhumatismes.
• Sève (latex). Extraite par pression soit des gaines foliaires soit du bourgeon mâle, la sève (ou latex) est utilisée en application locale sur les plaies superficielles. Elle arrête le saignement et hâte la cicatrisation.
• Banane bien mûre. En pâte, elle est appliquée localement contre l'acné, les contusions, la peau grasse. En décoction, elle est conseillée contre les bronchites, la toux, la trachéite.
• Racines. Comme vermifuge sous forme de tisane elles ont une forte activité antifongique *(Candida albicans) ;* pilées elles sont appliquées localement contre les abcès et les adénites ; en décoction contre la toux.

En cuisine

La banane — dessert, plantain, ou à cuire — est très largement utilisée aussi bien dans la cuisine européenne que dans les cuisines traditionnelles. Elle est la base de l'alimentation quotidienne de millions de personnes dans le monde.
Nous citons quelques modes de consommation du fruit sans être exhaustif ni fournir de recettes.
• Bananes au petit-déjeuner : nature ou avec yaourt, etc.
• Bananes en apéritif ou en entrée : Milk Shake.
• Bananes cuites : frites au jambon, au bacon, au lard, au gratin, en robe des champs ; poulet frit aux bananes ; fricassée d'écrevisse aux bananes jaunes ; bananes vertes en colombo, accompagnement des poissons ; bananes grillées, Aloco, Foutou, etc.
• Bananes en dessert : corbeilles de fruits, flan, mousse, crème et crème renversée, beignets, banane flambées, banane à la Normande, ananas à la

banane, Marie-Andrée, banane flambée Theia, pain, glaces, etc.
• En dehors du fruit, on peut signaler la consommation d'extrémités de bourgeons mâles en salade et celle de la souche d'*Ensete* (en Ethiopie).

Autres usages

La banane (et à moindre titre le bananier) est présente dans de nombreuses œuvres d'art, la peinture (par exemple, Braque, Renoir, Gaugin), la sculpture et même en tapisserie (fig. 6).
Elle fait l'objet de nombreux proverbes en particulier en Afrique et on la retrouve dans des romans ou nouvelles de même qu'en poésie.
• Pour l'alimentation. Transformation artisanale ou industrielle : bière artisanale, vin, vinaigre, alcool, poudres, flocons, chips. Congélation de bananes plantains entières ou en morceaux.
Utilisation dans les différents sodas, jus concentrés, aliments pour enfants, yaourts et autres produits laitiers.
• Pour les animaux. Alimentation du bétail en particuliers porcs et bovins (bananes mais aussi feuilles et gaines foliaires).
• Fabrication de composts et engrais organiques en association avec d'autres résidus végétaux (parches de café, coques de cacao, bagasse de canne à sucre, herbes d'espaces verts, etc.).
• Pour les jardins : ornement. C'est un marché qui se développe en Europe aussi bien dans les parcs, jardins, massifs publics que dans les jardins privé. Deux types de Musacées sont cultivés en plein air :
– *Ensete ventricosum* (appelé souvent *Musa ensete*) en massif (fig. 7) notamment dans les massifs urbains (culture annuelle ou mise en abri tempéré en hiver) ;
–*Musa basjoo* (appelé souvent bananier du japon) en touffes (fig. 8), spécialement près des habitations (peut rester en place en hiver en protégeant sa souche).

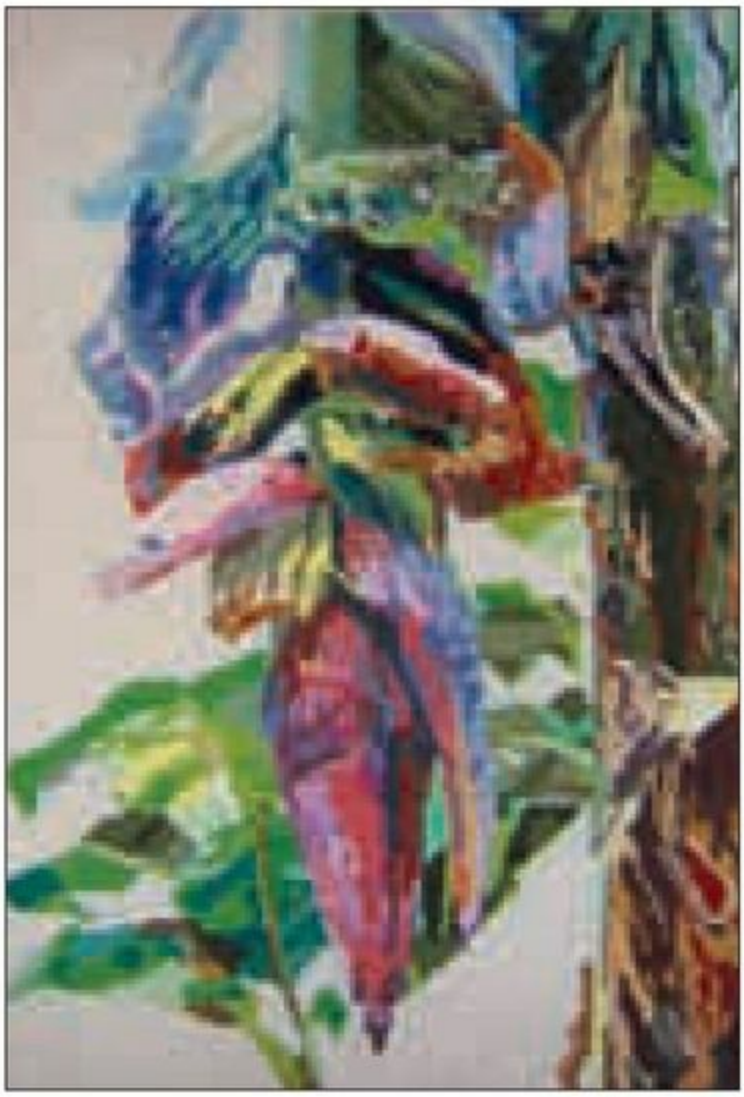


Figure 6. Représentation en tapisserie ! (Cirad).

• Fabrication de cordages. Cette activité fut très importante jusque vers 1945 pour l'approvisionnement en cordages des bateaux à voiles. De grandes plantations étaient spécialisées dans la culture de *Musa textilis* (*abaca* ou chanvre de Manille).

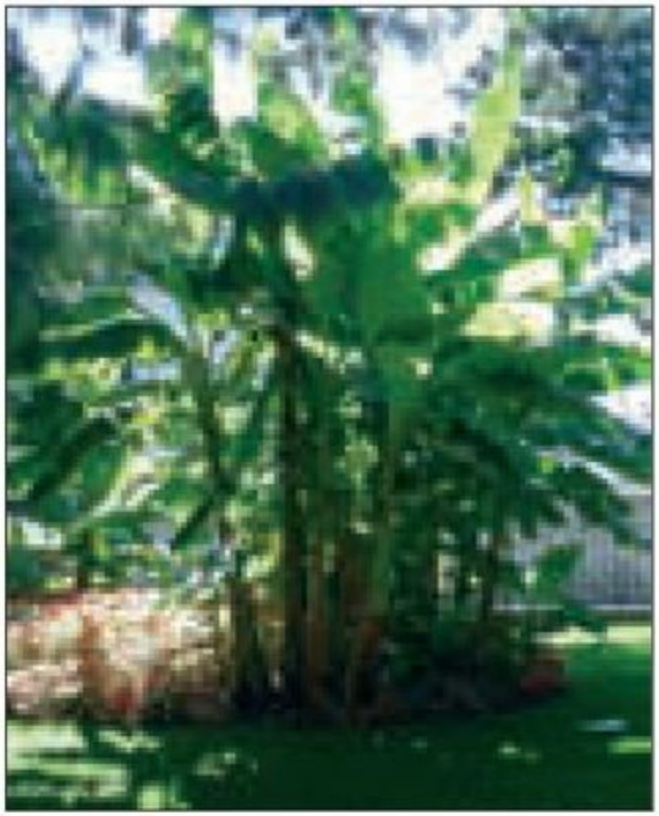
• Localement. Couverture des maisons, emballages, protections diverses.

• Artisanat. Papiers et objets à base de pâte de hampes florales, poupées en feuilles, paniers, sets de table, tressages divers, peinture sur tissu, etc.

• Sans oublier le volet floral qui se développe tant pour les décorations de boutiques que pour la création de bouquets mais aussi en plantes en pots et même en massif *(Ensete, Musa basjoo)*. Les espèces les plus utilisées en fleurs coupées sont *Musa ornata, Musa coccinea* et *Musa velutina.*

Figure 7. Bananier ornemental : *Ensete* en massif en Touraine (Cirad).

Figure 8. Bananier ornemental : *Musa basjoo* en touffe en Touraine (Cirad).



Partie VI
Gestion technique

Diagnostic agro-environnemental

La gestion de l'exploitation est abordée du point de vue technique. Ainsi des éléments objectifs sont fournis pour prendre les décisions stratégiques tant financières, qu'humaines et techniques.

Limiter l'impact des pratiques culturales sur l'environnement est une des préoccupations majeures de toute plantation ou exploitation bananière (dénommée « habitation » aux Antilles) parallèlement au maintien ou à l'amélioration de ses résultats technico-économiques. Le système de culture doit donc adopter les principes d'une agriculture raisonnée (voire de l'agriculture biologique).

La gestion technique de l'exploitation

La gestion technique — que l'on pourrait qualifier d'agro-environnementale — recouvre trois aspects : le diagnostic agro-environnemental et son actualisation régulière ; l'enregistrement et le suivi des données de l'exploitation ; l'emploi d'indicateurs des pratiques culturales (agronomie, protection phytosanitaire, critères de récolte, soins aux fruits, conditionnement).

Les données collectées sont enregistrées dans des tableaux de bord qui doivent être régulièrement analysés par les responsables techniques. Il est indispensable de les compléter régulièrement par des visites de terrain pour examiner les causes de mauvais résultats mais aussi pour évaluer l'état général de la plantation et éventuellement modifier les pratiques culturales.

La comparaison des exploitations (donc de leurs systèmes de culture) et l'appropriation des résultats de l'expérimentation agricole sont incontournables. De plus, un regard extérieur est très utile, car involontairement mais naturellement, « la cécité vient avec la routine du quotidien ». Par exemple, la visite d'un technicien extérieur à l'exploitation qui aura une approche différente, à une fréquence annuelle ou bisannuelle, est bénéfique.

Audit de l'exploitation

Le diagnostic agro-environnemental est une forme d'évaluation. Il s'agit d'analyser et de juger une situation pour orienter les actions avec un maximum d'efficacité.

L'audit de l'exploitation suit une méthodologie appropriée dans une perspective de durabilité ; il est fait par un technicien (ou plusieurs) extérieur à l'entreprise.

Les objectifs sont de mettre en place des systèmes culturaux et des itinéraires techniques raisonnés ; de prendre en compte l'impact de l'agriculture sur l'environnement (eau, sol, biodiversité, paysages) et d'obtenir des produits de qualité référencés selon une démarche de traçabilité. Les mesures préconisées (systèmes de culture et itinéraires techniques) et les modalités de leur mise en œuvre doivent être réalistes et adaptées au contexte et au fonctionnement de l'exploitation.

Principaux indicateurs et outils

Les indicateurs et les outils nécessaires au diagnostic se rapportent au sol, à la plantation, à l'érosion, à la gestion de l'eau, à l'environnement et au contexte socio-économique.

• Diagnostic édaphique. Description et répartition des sols ; facteurs hydriques limitants (asphyxie, horizons) ; analyses de sol ; profils racinaires.

• Diagnostic de la bananeraie. Mensurations du bananier ; analyses foliaires (Feuille III) ; comptage de nématodes ; décorticage pour estimer les infestations de charançons ; entretien et soins aux régimes ; récolte et postrécolte (stade de récolte, transport à l'atelier d'emballage, conditionnement).

• Observations complémentaires. Circulation de l'eau ; figures d'érosion ; irrigation et systèmes d'irrigation ; aménagement et qualité des pistes.

• Environnement. Risques d'érosion et de pollution ; ruissellement et percolation de l'eau (éléments polluants : fertilisants, produits de traitement phytosanitaire).

• Contexte socio-économique. Fonctionnement de l'exploitation ; facteurs déterminants les choix du producteur ; résultats technico-économiques (exemple : rentabilité selon les catégories de bananes) ; gestion du personnel.

Bases de données

Pour conduire le diagnostic, l'exploitation agricole et les parcelles sont cartographiées et numérisées. Ces données sont ensuite intégrées à un système d'information géographique (Sig) construit à partir d'une base de données topographique et des orthophotoplans (IGN pour la France) ainsi que des relevés complémentaires obtenus avec un GPS (Global Positionning System). Les cartes géologique et pédologique numérisées sont aussi très utiles.

Le Sig permet d'éditer des cartes, et surtout grâce à la cartographie de données, de superposer les informations et de visualiser les interactions entre les données. De plus, l'analyse spatiale permet de rattacher les données aux

objets et donc de parvenir à une analyse thématique des cartes (fig. 1).

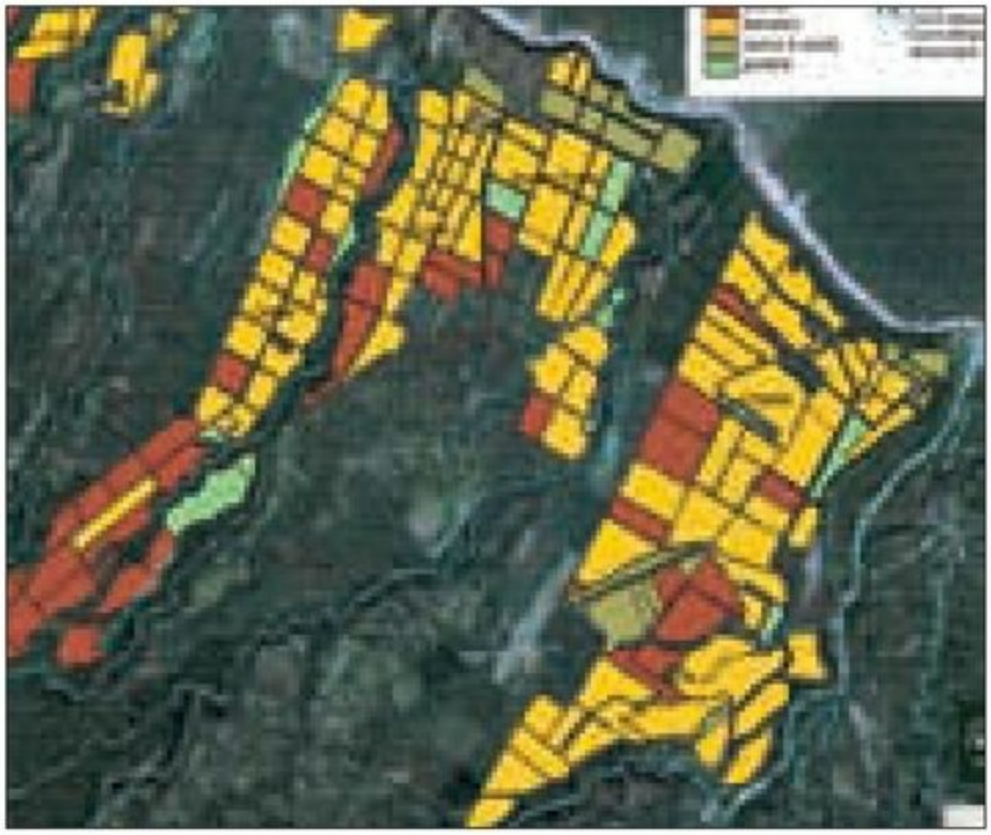


Figure 1. Cartographie numérisée d'une exploitation : assolement, répartition des cultures (Basse Pointe, Martinique) (Cirad).

Diagnostic agronomique

Le bilan agronomique est indispensable pour améliorer les résultats techniques et économiques. Faire des préconisations tant sur les systèmes de culture (rotations culturales, jachères, plantes « de service » (plante associée pour son action complémentaire : fourniture d'azote, lutte contre les nématodes etc.) que sur les itinéraires techniques (travail du sol, fertilisation, lutte contre le parasitisme, gestion des populations…) ou sur l'organisation du travail exige de connaître les rouages de l'exploitation : que fait le planteur, comment, pourquoi, avec quels résultats des actions ?

Interviews de l'exploitant

Des entretiens (conduits par un technicien) semi-directifs sont organisés avec les responsables de l'exploitation. Ils portent sur le fonctionnement et les pratiques culturales (identification des techniques adoptées) dans le but d'appréhender la logique et les contraintes de l'exploitation, de resituer les pratiques dans le contexte de l'exploitation et de mettre en évidence leur

impact sur l'environnement.

• Fonctionnement de l'exploitation. Positionner le fonctionnement global dans l'environnement socio-économique de l'exploitation (relations extérieures, enjeux du territoire…) et dans son histoire.

• Gestion de l'assolement. Déterminer comment le planteur gère l'espace cultivé, les contraintes des rotations culturales et l'origine des choix effectués (agronomique, économique, organisationnelle…).

• Itinéraires techniques. Décrire la procédure de mise en œuvre des méthodes culturales (indicateurs), définir les programmes d'action technique pour atteindre les objectifs, déterminer les règles de décision.

Données générales de l'exploitation

L'examen des données générales de l'exploitation est essentiel pour bien intégrer les recommandations de l'audit dans la continuité de l'exploitation agricole : répartition des surfaces entre les cultures ; historique des parcelles ; bilan et utilisation de la main-d'œuvre ; bilan et évolution de la production.

Observations de parcelles

Les observations de parcelles ont pour but de déterminer les facteurs limitant la production : alimentation minérale et hydrique ; parasitisme tellurique ; caractéristiques du milieu physique ; conduite des populations de bananiers ; techniques culturales.

Des parcelles représentatives de l'exploitation sont choisies à partir des bilans de production, des conclusions des entretiens et des résultats de la visite générale des parcelles avec les responsables techniques de l'exploitation.

• Observations visuelles. Elles sont répertoriées et se rapportent notamment à la qualité du travail du sol, à la gestion des peuplements, à l'état sanitaire, aux dysfonctionnements de croissance (variété, dispositif, drainage, travail du sol, profilage de la planche, lutte antiérosive, protection de l'environnement, irrigation, densité de peuplement, homogénéité de la plantation, qualité de la végétation, conformation des inflorescences, état des rejets successeurs, enherbement, etc.).

• Échantillonnages. Sur un lot de 10 bananiers au stade dernière main femelle horizontale, comptage des nématodes, analyses de sol et de feuilles.

• Profils de sols. Il faut examiner au minimum un profil pédologique par type de sol et des profils culturaux en fonction de la variabilité des préparations des sols et des aménagements de terrain.

Diagnostic environnemental

Complémentaire du diagnostic agronomique, il permet d'ajuster les

recommandations en fonction de leur impact sur l'environnement.
Il s'agit d'évaluer les risques d'érosion, d'estimer les risques de contamination des eaux de surface et littorales par les produits phytosanitaires et les engrais. Le diagnostic environnemental a pour objectifs :
– de proposer des modalités d'aménagement et de gestion appropriées pour maintenir ou restaurer la capacité des sols à produire ;
– d'augmenter et de garantir la productivité des parcelles ;
– de limiter l'érosion et de préserver la qualité de l'eau.
Les relevés au GPS très précis sont utiles : tracé des réseaux de fossés et de ravines, pistes, haies brise-vent, réseau d'irrigation, etc. Avec ces données, transférées sur le Sig, sont réalisées les différentes cartes thématiques de l'exploitation et des parcelles, par exemple :
– caractérisation des parcelles ou groupes de parcelles (nom de la parcelle et surface, altitude, relief et exposition aux vents dominants) ;
– visualisation de la circulation des eaux à la surface des parcelles (ruissellement), existence de rigoles (érosion linéaire), organisation du réseau hydrographique et des fossés de drainage, aménagement des pistes (traces), système d'irrigation et de brise-vent.
Ces cartes servent de support pour définir les aménagements en particulier de lutte contre l'érosion et d'évacuation de l'eau (fig. 2).

Recommandations

Ces recommandations doivent être présentées sous une forme synthétique avec éventuellement quelques commentaires en complément. Cette présentation doit être utilisable pour la certification des systèmes de production.
Un exemple des recommandations prévues dans différentes situations est proposé (tab. 1). Ensuite, un calendrier d'actions est mis au point avec les décideurs.

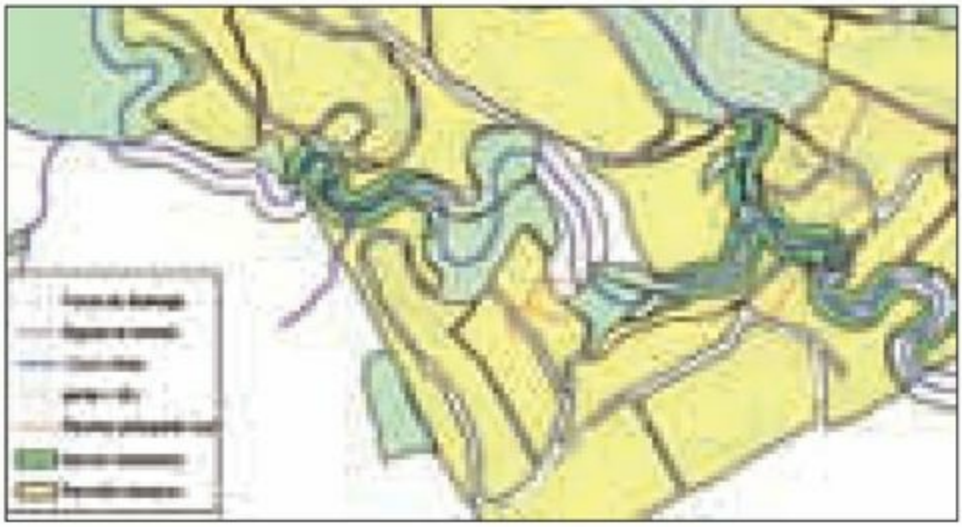


Figure 2. Carte des aménagements à prévoir pour luttter contre l'érosion et pour l'évacuation des eaux (sol brun rouille (Martinique) (Cirad).

Tableau 1. Les aménagements nécessaires dans une plantation de bananes pour améliorer le rendement et la qualité et protéger l'environnement.

Amélioration souhaitée	Objectifs	Types de sol et d'aménagement	Action à mettre en œuvre
Rendement et qualité	**Réduire l'évapotranspiration potentielle**	Tout type de sols	Mettre en place des brise-vent ou des rideaux abris.
	Limiter les chocs au transport	Tout type de sols	Entretenir le réseau de pistes.
Protection de l'environnement	**Maîtriser l'excès d'eau dans le sol par assainissement et drainage**	Sol à argiles gonflantes, sol fersiallitique et sol brun rouille	Façonner et régaler la parcelle pour favoriser le ruissellement hypodermique et prévenir l'infiltration de l'eau dans des sols à drainage interne très faible. Construire un réseau de fossés de drainage et de diversion des eaux de ruissellement dans les parcelles les plus humides. Possibilité de drains enterrés dans quelques situations particulières. Réaliser des profils de sol.
		Andosol récent, sol sur cendres et ponces	Intercepter la circulation de l'eau dans le sol par des fossés raccordés au réseau de ravines et créer des fossés de ceinture en amont des parcelles.
	Maîtriser la circulation de l'eau en surface et lutter contre l'érosion	Dispositif d'écoulement de l'eau	Profiler les pistes (traces) en contre-pente pour éviter l'écoulement d'eau dans les parcelles au-dessous. Dresser un plan de l'exploitation en indiquant la circulation de l'eau dans le(s) bassin(s) versant(s).
		Travail du sol et dispositif de plantation	Analyser et justifier la nécessité d'un travail du sol à l'aide d'un profil cultural. Adopter un dispositif de plantation favorisant le ruissellement sans toutefois aggraver le risque d'érosion. Si possible, planter dans le sens de la pente ou en épi selon la ligne de plus grande pente.
		Plan d'aménagement	Utiliser les outils du Sig pour élaborer un plan simple d'aménagement et de gestion de l'exploitation.
		Ensemble des sols fersiallitiques	Création de fossés de ceinture et anti-érosifs. Protection des ravines principales par un enherbement ou l'implantation d'arbustes (ex : goyavier) ou la mise en place de blocs de pierre ou un tracé en zig-zag. Création de bandes enherbées de part et d'autre des cours d'eau sans fossé ou rigole traversant la bande enherbée (court-circuit).
		Andosols et sols sur cendres et ponces	Création de fossés de ceinture et d'évacuation des eaux de ruissellement et de percolation. Fossés antiérosifs selon les courbes de niveau. Enherbement et entretien des bords de ravines et des thalwegs.
	Limiter les risques de ruissellement des polluants	Aménagement de la parcelle	Maintenir et créer des zones tampons. Maintenir un couvert végétal permanent en bordure des cours d'eau (sans créer d'obstacles supplémentaires pour le traitement contre la cercosporiose). Concevoir des fossés de ceinture pour éviter le transfert des nématodes donc le risque de réinfection.

Données de l’exploitation

Le relevé des actions techniques depuis la préparation du terrain — parfois même antérieurement pour obtenir le label d’agriculture biologique ou le label EurepGap —, jusqu’à l’étal du commerçant est de plus en plus demandé, voire exigé. Cela permet d’établir la traçabilité du produit. En outre, gérer une plantation nécessite de faire l’inventaire et l’historique des spéculations (espèces et surfaces allouées), des infrastructures, des matériels et des équipements, et d’actualiser régulièrement ces informations.

La gestion technico-économique en rapport avec le programme de récolte, d’emballage et d’expédition est de plus en plus évaluée sur un pas de temps d’une semaine. Il est donc essentiel de disposer rapidement de paramètres fiables et d’un traitement informatique des données pour visualiser les évolutions (notion de semaines glissantes). Ainsi le responsable de l’exploitation peut avoir une plus grande réactivité pour vérifier les résultats sur le terrain, rectifier des anomalies, faire intervenir des techniciens, etc. (tab. 1).

Inventaire des productions

L’inventaire des productions peut être inclus dans un système d’information géographique (Sig) afin d’être rapidement et facilement réactualisé ; une mise à jour au moins annuelle est souhaitable (fig. 1). En l’absence de Sig, l’utilisation des plans classiques de géomètre est recommandée.

Pour chaque spéculation (y compris les jachères), il est indispensable d’indiquer les surfaces et les quantités récoltées mais aussi l’évolution prévue et l’assolement dans son ensemble (durée de culture, nombre de cycles). Pour finaliser le premier diagnostic, il est recommandé de récapituler l’historique sur la plus longue durée fiable pour comprendre les mécanismes d’évolution des systèmes de culture (assolements et rotations).

Tableau 1. Objectifs et recueil des données générales de l’exploitation.

Bilan - étape	Objectif	Actions à mettre en œuvre
Tableau de bord	Visualiser les caractéristiques parcellaires et l'historique des pratiques culturales	Utiliser les outils du Sig et les logiciels de gestion parcellaire
Récapitulatif parcellaire	Faire un bilan par parcelle	Noter les parcelles, dates de plantation, densités, surfaces
Comptage des fleurs	Prévoir les récoltes	Comptage des fleurs par parcelle, deux fois par semaine au stade tête de cheval
Comptage des régimes récoltés	Calculer le solde à récolter la semaine suivante Vérifier l'homogénéité de la production Calculer les critères de productivité au champ	Comptage du nombre de régimes (d'une semaine de floraison donnée) récoltés par parcelle et par semaine
Bilan de l'usinage	Décrire les critères de rendement Contrôler la qualité de la production Contrôler la qualité en station d'emballage	Peser les régimes à l'arrivée (poids brut) Pesée des cartons à la sortie de la station (reporter le poids net bananes sur les fiches)
Gestion de la main-d'œuvre	Réaliser un suivi des travaux en nombre d'heures de travail	Récapituler le temps de travail par poste

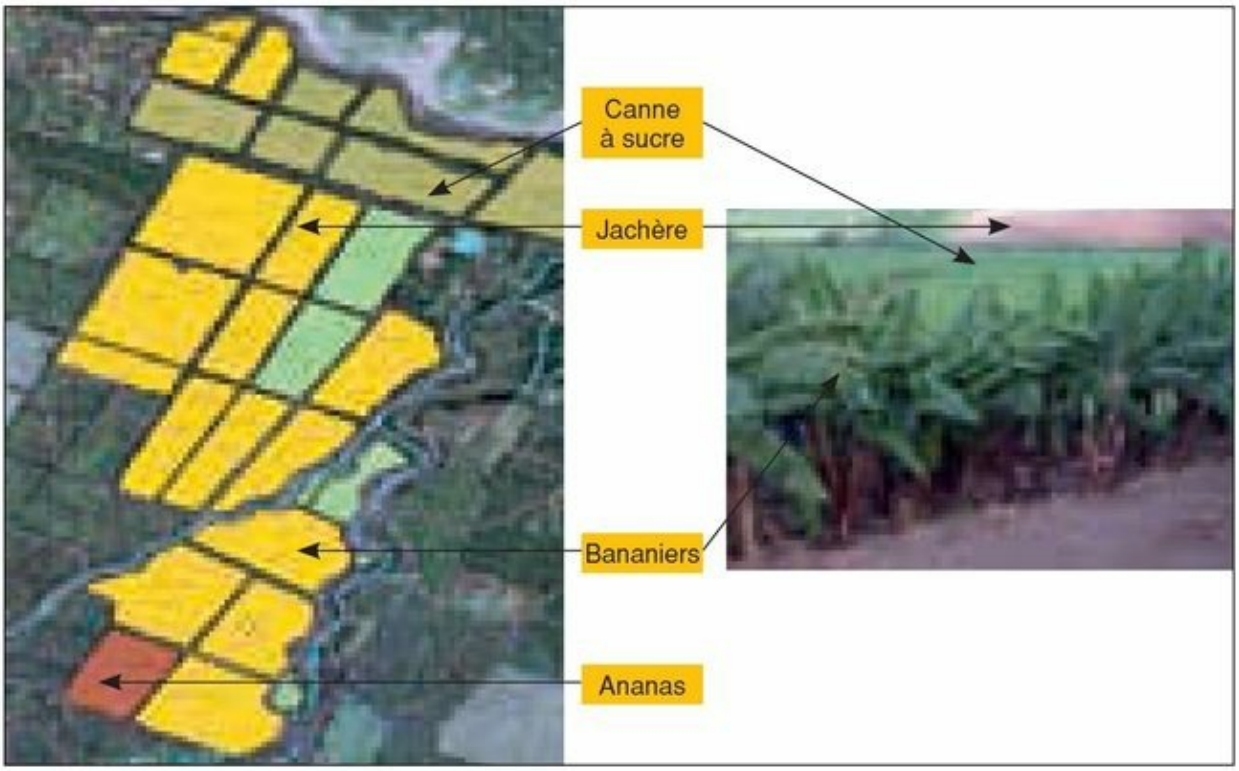


Figure 1. Soles répertoriées sur le plan fourni par le système d'information géographique (Cirad).

Recensement des équipements

Aménagements de l'exploitation

Il s'agit de dresser l'état des aménagements de base qui servent à la maîtrise de l'eau (fossés, drains ouverts ou enterrés, ravines, approvisionnement en eau d'irrigation), au transport des régimes (routes, *cable way*), à la protection contre l'érosion et contre le vent, à la prévention de la pollution par les pesticides. Les données de terrain peuvent être visualisées sur des cartes à partir du Sig : longueur et localisation des routes et des divers drains ou tuyaux d'irrigation, etc.

Les renseignements sont toujours de même ordre : vétusté, renouvellement ou changement de système, réalisations novatrices (drains de ceinture, bandes enherbées, fertigation, fabrication de compost, etc.).

Infrastructures

Les infrastructures sont susceptibles d'être rapidement modifiées pour acquérir des matériels mieux adaptés et tenir compte des nouvelles techniques, des exigences agronomiques et environnementales, de la protection du personnel et de la pénibilité.

Le diagnostic agro-environnemental doit servir d'argumentaire dans le choix

du renouvellement ou de nouvelles acquisitions : par exemple pour le travail du sol, l'irrigation, les applications d'engrais, etc.

Matériel

Par ailleurs, la réflexion sur le renouvellement du matériel doit prendre en compte, non seulement la date d'acquisition, mais aussi l'état réel de fonctionnement et l'intérêt de celui-ci. Trop souvent, les achats sont faits avec précipitation, sans critères objectifs de choix.

La typologie des matériels et des équipements comprend :

– les stations d'emballage (fig. 2), notamment les aménagements pour la gestion de l'eau et des effluents, les magasins d'entreposage des engrais et pesticides (respect des normes légales de sécurité et de protection de l'environnement), les hangars et les garages ;

– le matériel de préparation du sol et les engins ;

– les matériels de traitement phytosanitaire (notamment pour la lutte contre la cercosporiose) ;

– le système d'irrigation et de fertigation ;

– le matériel de transport (fig. 3) en particulier des régimes (remorques, *cable way*) ;

– les moyens de déplacement du personnel.

Description des pratiques agricoles

Pour chaque parcelle, il doit être possible de consulter à tout instant l'historique sur plusieurs années et les informations sur l'année en cours, semaine par semaine sur une année glissante — c'est-à-dire sur un nombre identique de données dans un pas de temps constant, 52 semaines glissantes, 12 mois glissants. Cette méthode permet de lisser la saisonnalité et donc de réaliser des comparaisons plus proches du réel.

Figure 2. Station d'emballage (Cirad).

Figure 3. Matériel de transport (Cirad).

Des logiciels disponibles dans le domaine agricole sont compatibles avec les bases de données du Sig.

Parcellaire

Pour chaque parcelle, il faut noter : surface, nombre de plants et qualité du matériel végétal, date de plantation, densité, dispositif, descriptif du précédent cultural (y compris en l'absence de banane), travail du sol, maîtrise de l'eau.

Actualisé à chaque événement, ce récapitulatif permet d'évaluer l'hétérogénéité entre les parcelles, notamment la durée de la culture (lors de la recherche des causes) et de mieux concevoir la rotation suivante.

Interventions culturales par parcelle

Ces éléments doivent être disponibles à tout instant, ainsi que des récapitulatifs en année glissante (avec un pas de temps inférieur à un mois) et en fin d'année calendaire. Il peut être utile de réaliser des bilans par secteur ou pour la totalité de l'exploitation (par semaine, mois ou année glissants).

Mise à jour et contrôle hebdomadaires sont indispensables pour limiter les omissions et éviter les retards d'enregistrement des données. Disposer des indicateurs techniques est essentiel pour intervenir en cas d'anomalie, faire appel à un technicien, procéder à un prélèvement d'échantillons pour des analyses, etc.

Les opérations sont classées par type :

– nématicides, insecticides et alternatives (jachères, piégeage), herbicides et alternatives (paillis, destruction mécanique), autres pesticides ;

– amendements minéraux et organiques, engrais ;

– œilletonnage (fig. 4), travaux divers ;

– soins aux régimes au champ (fig. 5), etc.

Figure 4. État de réalisation de l'œilletonnage (Cirad).

Figure 5. État de réalisation des soins aux fruits (Cirad).

Tenir un tableau de bord des interventions particulières (applications de

pesticides) ou des anomalies (retard exceptionnel, absence de haubanage, gaines non disponibles) avec les dates, est indispensable.

Station d'emballage

Le traitement postrécolte doit être enregistré sur un cahier : quantités et nature des produits, heures de réajustement avec si possible le nombre de cartons depuis le précédent. Un cahier « main courante » doit être créé.

Relevé des résultats techniques de production

La collecte et l'analyse des données de floraison, de coupe et d'usinage sont le maillon central de la gestion technico-économique de l'exploitation. Les enregistrements doivent être au minimum hebdomadaires.

Comptage des fleurs

La précision du comptage de fleurs est essentielle pour déterminer la date de récolte mais aussi prévoir le fret. Les deux comptages de floraison effectués par semaine peuvent être regroupés.

Par parcelle et chaque semaine, faire les totaux de l'année en cours et sur 52 semaines glissantes. Récapituler par secteur et pour l'ensemble de l'exploitation par semaine, pour l'année en cours et en année glissante.

Il faut disposer — en année glissante — des ratios nombre de fleurs par hectare et par an et nombre de fleurs par rapport au nombre de bananiers plantés, au niveau de la parcelle et de l'exploitation. Ces deux ratios révèlent la qualité des travaux de plantation et la gestion agricole des peuplements de bananiers (remplacement, œilletonnage, verse). Ce sont aussi des critères pour décider de replanter.

Comptage des régimes récoltés

Ils sont à réaliser parcelle par parcelle à chaque récolte et par semaine de floraison.

Par parcelle et chaque semaine, effectuer les totaux de l'année en cours et sur 52 semaines glissantes. Récapituler par secteur et pour l'ensemble de l'exploitation chaque semaine, pour l'année en cours et faire les totaux glissants sur 52 semaines. Pour chaque semaine de floraison, compter le nombre de régimes récoltés et noter l'étalement de la récolte (sur combien de semaines).

Il faut établir les ratios du nombre de régimes récoltés par nombre de fleurs pour chaque semaine de floraison et sur 52 semaines glissantes. Évaluer la verse et la qualité du haubanage.

Bilan de l'usinage

Un bilan de la préparation des fruits (appelée communément usinage) doit

être fait au moins une fois par jour afin d'intervenir rapidement si nécessaire sur certains paramètres : critères de récolte, qualité du transport et usinage. Les bilans sont à faire chaque semaine et les récapitulatifs par année en cours et en année glissante.
Les données répertoriées sont :
– le nombre de cartons (ramené au carton standard) et le poids net export ;
– la répartition par catégorie de fruit ; l'évaluation des écarts de triage (poids net / poids brut) ;
– le rapport du nombre de cartons au nombre de régimes usinés.
La pesée des régimes est obligatoire à l'entrée de la station de conditionnement, car ce critère est essentiel pour juger de la qualité des travaux. Pour évaluer les écarts de conditionnement compressibles, il faut retirer 8 % du poids brut des régimes (poids de la hampe). En cas de valeur critique, examiner les causes de rejet (blessures anciennes ou récentes) et agir à l'étape qui convient.
Du fait de la variabilité des types de cartons et donc des poids par caisse, il faut traduire le nombre de cartons en poids net banane au départ de l'atelier d'emballage. Ainsi, le ratio du poids net total sur le nombre de régimes usinés est préférable. La meilleure indication est le ratio du poids net bananes départ sur le poids brut des régimes.

Rendement

Le type de surface retenu dans le calcul du rendement doit toujours être précisé :
– surface consacrée à la bananeraie considérée comme culture principale (y compris jachères et espèces en rotation) ;
– surface effectivement plantée en banane et surface en jachère ;
– surface considérée dès le moment où les bananiers sont plantés ;
– surface à partir du début de floraison du premier cycle (ou parfois à compter de 6 mois après la plantation).

Suivi de la main-d'œuvre

C'est un secteur en général très suivi sur les plantations. En ce qui concerne la répartition des travaux, il importe de référencer les principales activités : replantation, entretien au champ, œilletonnage, fertilisation, soins aux fruits, récolte, activités en station d'emballage, etc.
Effectuer une évaluation hebdomadaire et un récapitulatif par mois puis sur 12 mois ou 52 semaines glissantes, par grands types de travaux et globalement. Analyser et rapprocher ces résultats des bilans de production :

– main-d’œuvre par hectare sur 52 semaines ;
– rapport main-d’œuvre au champ / total ;
– rapport main-d’œuvre de l’usine / total.
À signaler : le critère du tonnage par ouvrier (établi sur une année glissante) est beaucoup plus pertinent que le ratio main-d’œuvre par hectare.

Indicateurs agronomiques

Le diagnostic agro-environnemental et les données de l'exploitation fournissent des informations sur des facteurs favorables et des facteurs limitant les techniques de culture.

Les indicateurs agronomiques complètent ces données afin de disposer des paramètres objectifs pour prendre des décisions techniques au moment opportun, proposer des techniques adaptées et tenir compte des savoir-faire, dans un système de culture raisonnée.

Station météorologique

Les données de pluviométrie et de température sont indispensables à la programmation des travaux, la gestion de l'irrigation, l'évaluation des risques de lessivage des engrais, la décision de récolte, les risques phytosanitaires... Il est recommandé d'installer une centrale météorologique d'enregistrement automatique (fig. 1). Cependant, pour un usage courant, des pluviomètres normalisés et des enregistreurs de température fiables conviennent.

Figure 1. Centrale météorologique automatique (Cirad).

La centrale d'enregistrement doit être placée sur un terrain sans obstacles dans un rayon de 10 mètres au moins, dans un abri normalisé (contacter l'organisme compétent). De plus, des dispositifs particuliers sont installés : des tensiomètres pour surveiller l'alimentation en eau du sol, des enregistreurs de températures pour la décision de récolte.

Profils culturaux et pédologiques

Régulièrement, tous les ans ou tous les deux ans après installation de la culture bananière, il est recommandé d'observer des profils culturaux pour

déceler d'éventuels dysfonctionnements. Cet indicateur, encore trop souvent oublié dans le suivi technique, devrait être prioritaire.
Avant toute préparation de terrain, il est indispensable d'examiner au moins une fosse pédologique (par parcelle et par type de sol) de façon à adapter les travaux envisagés aux caractéristiques physiques et hydriques du sol. De même, avant la mise en place d'un réseau de drainage (surtout enterré) ou un diagnostic agro-environnemental, l'observation d'un profil de sol est conseillée.

Profil cultural

Le profil cultural est creusé à 50 cm de l'axe pied mère-rejet successeur d'un bananier au stade floraison, ou perpendiculairement à la pente à 50 cm du rejet. Les dimensions requises sont : au moins 1 mètre de long sur 80 cm de large et 60 cm de profondeur (en utilisant une minipelle mécanique, ces dimensions peuvent être doublées). Le profil cultural (fig. 2) renseigne sur la frange de sol accessible aux racines de bananiers et leur répartition, sur l'état des racines, ainsi que sur la présence de surfaces de compactage, de faciès d'hydromorphie ou d'indicateurs d'asphyxie, etc.
Du point de vue pédologique, on peut mettre en évidence les divers horizons et leurs propriétés physico-chimiques. Il est aussi possible d'estimer l'influence du faciès sous-jacent à l'horizon de surface sur la circulation des eaux de drainage et d'infiltration.

Fosse pédologique

La fosse pédologique, plus profonde que le profil cultural, est ouverte jusqu'à un horizon repère, et apporte des renseignements complémentaires : existence de circulation d'eau pédiculaire dans les faciès et les horizons affleurant en profondeur ; observation d'un horizon repère à partir duquel la série stratigraphique des formations superficielles du secteur et les différentes unités pédologiques sont identifiables. Ces relevés peuvent servir à comparer des profils réalisés en divers points de l'exploitation, et ainsi à mieux appréhender l'interprétation pédologique et donc mieux définir les interventions agronomiques.

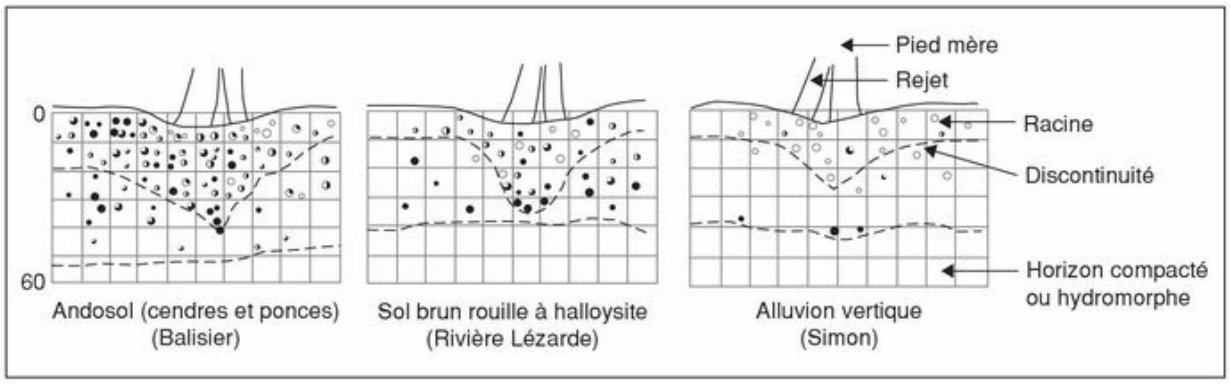


Figure 2. Profils culturaux dans trois types de sol (grille d'observation classique de 100 x 60 cm), plantation en sillon réalisée cinq mois auparavant à la Martinique (Cirad).

Analyses de sol

Elles sont indispensables pour prévoir l'alimentation minérale du bananier, le maintien ou l'amélioration de la fertilité du sol.

Quand réaliser les prélèvements ?

Avant plantation ou replantation

L'objectif est de disposer des données nécessaires au calcul des apports des amendements organiques et minéraux et de la fumure du premier cycle.

Faire une analyse par parcelle environ deux mois avant la plantation (selon le délai du laboratoire). Prévoir 1 échantillon pour 2 hectares (au moins un par type de sol) constitué de 30 prélèvements au minimum (répartis sur les deux diagonales à intervalle régulier).

Au moins une fois par an

L'objectif est d'ajuster la fertilisation au moins pour maintenir la fertilité du sol. Afin de suivre l'évolution de la fertilité du sol sur plusieurs années, prélever les échantillons à la même période de l'année, sur les mêmes parcelles de référence. Choisir les parcelles de référence lors du diagnostic agro-environnemental (selon les types de sol et l'appréciation du potentiel de production) ; il faut au minimum une référence pour 10 hectares mais plus s'il y a une forte diversité de sol et des surfaces faibles. L'échantillon standard est obtenu à partir de deux carottes de sol de 30 cm d'épaisseur, prélevées en positions opposées et à une distance de 50 cm du pseudotronc, sur au moins 10 bananiers ou si possible 15 à 20 plants.

Il est vivement conseillé de le coupler à un échantillonnage foliaire et donc de le réaliser à la floraison.

En cas de besoin

Selon les problèmes rencontrés (baisse de productivité, nouveau secteur…), faire les analyses de sol sur les parcelles concernées, avec un échantillonnage standard.

Préparation de l'échantillon

Si le séchage et la préparation sont faits sur place, veiller à éliminer complètement les résidus organiques et autres (ficelle, plastique…) ainsi que les cailloux. Préparer le mélange selon le principe du diviseur-échantillonneur. Il faut environ 500 g de terre fraîche ou 250 g de terre séchée pour le laboratoire. Prévoir un double emballage et l'étiquetage.
La température de séchage ne doit pas dépasser 70 °C.

Résultats

Les éléments principaux à doser sont le carbone et l'azote organique, le pH, la capacité d'échanges cationique (CEC), les bases échangeables (K, Ca, Mg) et le phosphore assimilable. Il est souvent utile d'ajouter aussi les dosages du sodium, du manganèse, du soufre, du fer, de l'aluminium…
Aucune interprétation ne peut être faite dans l'absolu, il est indispensable de se référer aux techniques de laboratoire et aux normes qui y sont liées. Par exemple, une teneur en potassium ne sera pas la même si l'extraction est faite à la cobaltihexamine ou à l'acétate d'ammonium. En outre, la connaissance du milieu évite des anomalies d'interprétation.
Le tableau 1 fournit les normes correspondant aux méthodes analytiques employées par le Pôle de recherche agronomique de la Martinique (Pram) : extraction des bases à l'acétate d'ammonium, dosage du phosphore assimilable par la méthode Truog modifiée. À partir des paramètres de ce tableau, il est possible de calculer les principales teneurs en éléments.
À signaler : le bananier a des exigences assez strictes concernant les équilibres cationiques.

Tableau 1. Normes correspondant aux méthodes d'analyse du sol du Cirad-Pram.

Élément mesuré	Valeur recommandée
Acidité pH eau	> 5,25
Capacité d'échange cationique (meq / 100 g)	> 10
Somme des bases échangeables (meq / 100 g)	Selon CEC
Coefficient de saturation (%)	65 – 85
Potassium échangeable (meq / 100 g)	> 0,75
Calcium (meq / 100 g)	> 2
Magnésium (meq / 100 g)	> 1
K / Mg (%)	< 0,8
K / SC* (%)	15
Ca / SC* (%)	60
Mg / SC* (%)	25
Phosphore assimilable (ppm)	25 à 50
Matière organique (g / 100 g)	> 2,5
Carbone (g / 100 g)	> 1,4
Azote total (g / 100 g)	> 0,15
C / N	8 à 12

* SC : somme des cations

Analyses de feuilles

Elles viennent en complément des analyses de sol, et sont indispensables pour apporter un diagnostic agronomique de qualité. Plus la productivité augmente, plus on cherche à optimiser la fertilisation, plus les analyses foliaires sont utiles. Au-dessus d'un rendement brut de 50 tonnes par hectare (40 tonnes net de rendement), ces analyses devraient être systématiques.

Définition de l'échantillon

La définition de l'échantillon est très stricte car la composition des feuilles évolue en cours de cycle et n'est pas la même selon l'âge de la feuille et la localisation du prélèvement sur le limbe.

L'échantillon est prélevé sur l'antépénultième feuille : 3^{e} feuille avant la bractée florale de moins de 100 cm de longueur (fig. 3), au stade floraison dernière main femelle découverte avec une tolérance de 2 mains mâles, stade dénommé APFD. La pratique de l'ablation très précoce (avant le stade APFD) ne permet plus ce repérage, nous recommandons alors de pratiquer l'échantillonnage une semaine après la suppression des mains.

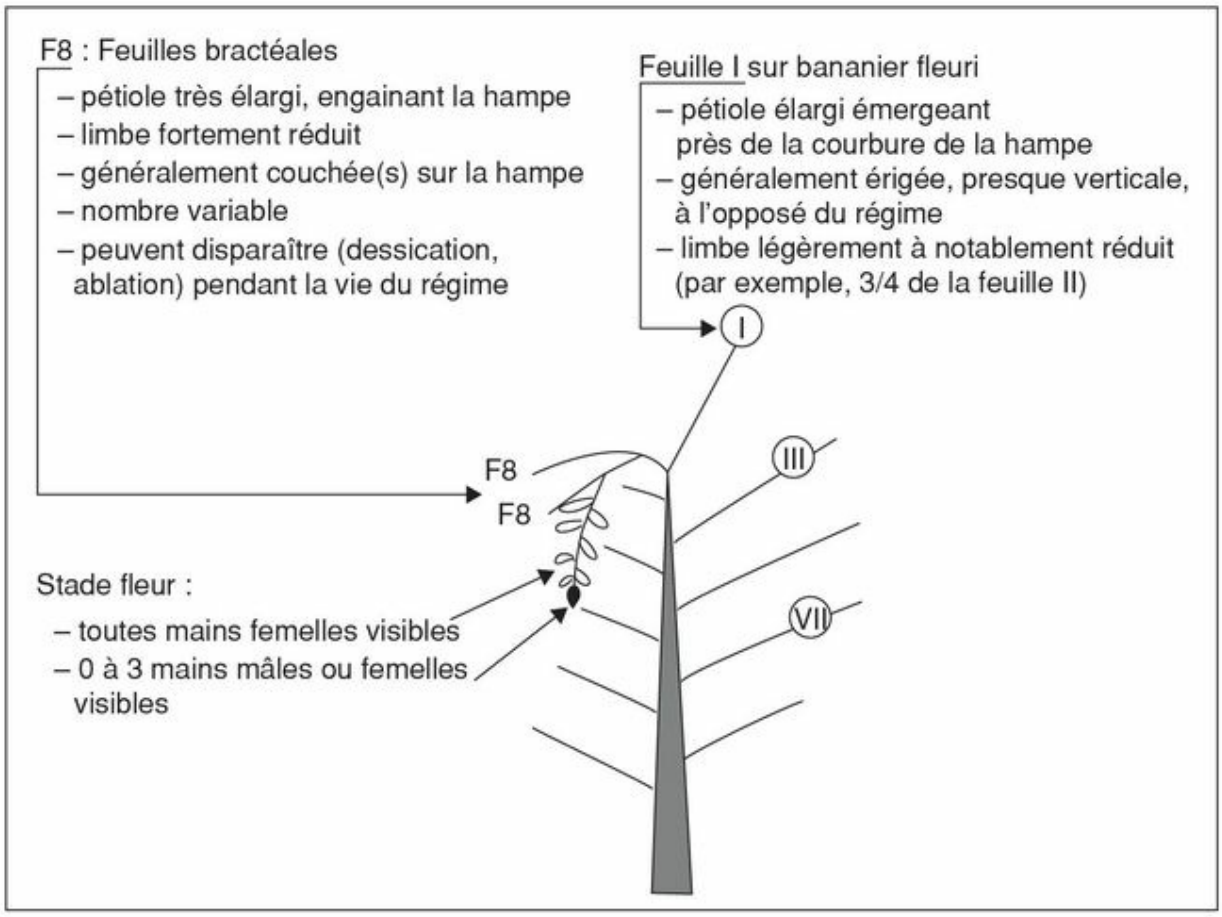

F8 : Feuilles bractéales
– pétiole très élargi, engainant la hampe
– limbe fortement réduit
– généralement couchée(s) sur la hampe
– nombre variable
– peuvent disparaître (dessication, ablation) pendant la vie du régime
Feuille I sur bananier fleuri
– pétiole élargi émergeant près de la courbure de la hampe
– généralement érigée, presque verticale, à l'opposé du régime
– limbe légèrement à notablement réduit (par exemple, 3/4 de la feuille II)
I
III
VII
F8
F8
Stade fleur :
– toutes mains femelles visibles
– 0 à 3 mains mâles ou femelles visibles

Figure 3. Repérage de feuille III à échantillonner au stade APFD ou bien une semaine après une ablation précoce (Cirad).

Prélèvement

Les échantillons sont prélevés uniquement dans les parcelles en floraison (parcelles de référence et parcelles complémentaires).

L'échantillon standard correspond à une bande de 10 cm perpendiculaire à la nervure principale à mi-longueur. On ne conserve que la moitié interne des deux demi-limbes (fig. 4).

Faire très attention :

– au découpage près de la nervure, à faire par déchirure et non au couteau ;

– à la propreté des feuilles. En cas de saleté, laver avant la découpe ;

– à la conservation des échantillons à l'ombre.

Présentation et interprétation des résultats

L'analyse standard comprend les dosages des éléments suivants : azote total, phosphore, calcium, magnésium, potassium, fer, chlore, zinc, manganèse. D'autres éléments peuvent être demandés selon les symptômes visuels ou la connaissance du milieu (cuivre en tourbière, sodium en sols salés ou en

bordure de mer, bore, aluminium…).
La détermination des ratios nécessite la transformation des valeurs (exprimées en grammes) en milli-équivalents (meq).

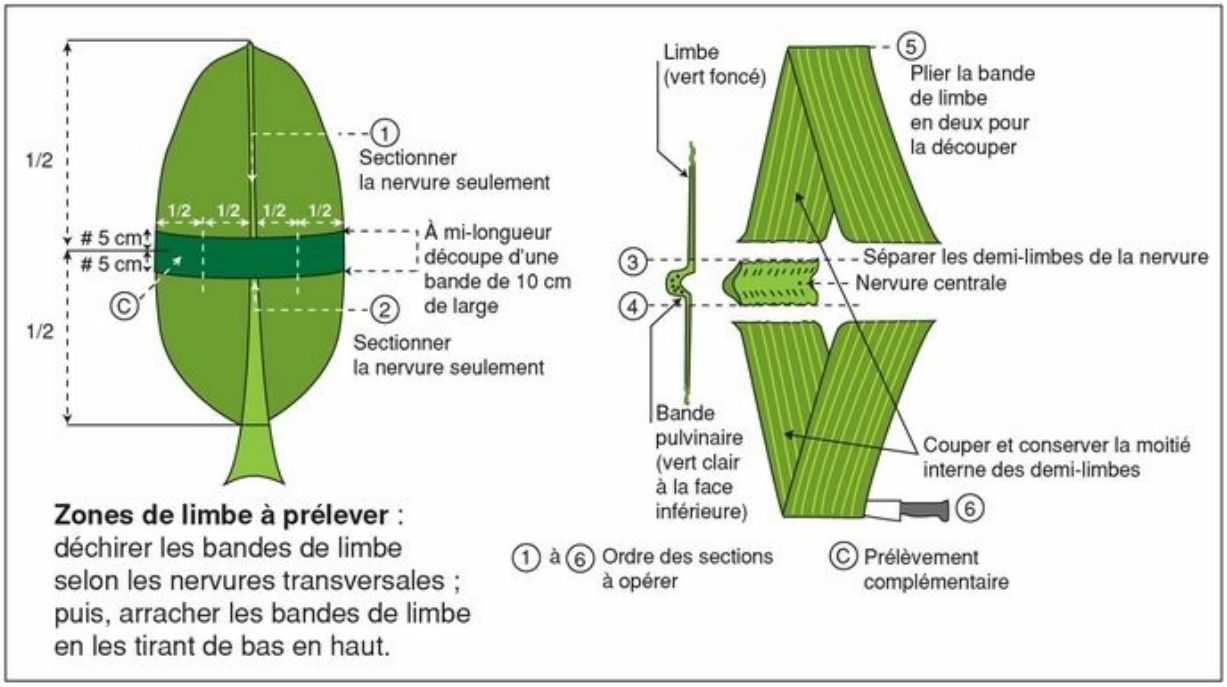

1/2
1/2
1/2
1/2
1/2
5 cm
5 cm
Ⓒ
① Sectionner la nervure seulement
À mi-longueur découpe d'une bande de 10 cm de large
② Sectionner la nervure seulement
Zones de limbe à prélever : déchirer les bandes de limbe selon les nervures transversales ; puis, arracher les bandes de limbe en les tirant de bas en haut.
Limbe (vert foncé)
⑤ Plier la bande de limbe en deux pour la découper
③ Séparer les demi-limbes de la nervure
Nervure centrale
④
Bande pulvinaire (vert clair à la face inférieure)
Couper et conserver la moitié interne des demi-limbes
⑥
① à ⑥ Ordre des sections à opérer
Ⓒ Prélèvement complémentaire

Figure 4. Mode d'échantillonnage de la feuille (F III) (Cirad).

Pour l'interprétation, il est nécessaire de disposer de l'historique des apports, d'une appréciation de la productivité et des résultats de l'analyse de sol. Le Cirad a adopté des normes et une méthode de présentation des résultats (tab. 2). La prudence est exigée pour ce qui concerne les résultats de l'azote mais le diagnostic visuel est aisé (fig. 5 et 6).

Tableau 2. Valeurs de référence pour l'interprétation de l'analyse foliaire.

Élément mesuré	Valeur correcte	Valeur déficiente	Carence	Valeur excédentaire
Azote (g / 100 g)			< 2,5	
Phosphore (g / 100 g)	0,18 – 0,20	< 0,15		
Potassium (g / 100 g)	3,4 – 4,5	2,6 – 3,2	< 2,6	
Calcium (g / 100 g)	0,65 – 1,00	< 0,40		> 1,10
Magnésium (g / 100 g)	0,30 – 0,45	0,25 – 0,30	< 0,25	> 0,45

Élément mesuré	Valeur correcte	Carence en Potassium	Bleu magnésien	Bleu + carence en Potassium
K / SC*	52 – 60	14 – 52	> 60	43 – 64
Ca / SC*	22 – 29	> 30	< 25	> 30
Mg / SC*	15 – 25	> 16	< 16	< 15

Élément mesuré	Valeur correcte	Valeur limite		Valeur excéden-taire
Soufre (g)	0,150	0,100		
Bore (ppm)	10 – 15	8		
Zinc (ppm)	20 – 50	< 15		
Manganèse (ppm)	150 – 1 800	< 100		> 2 150
Cuivre (ppm)	6 – 30			
Fer (ppm)	80 – 360			
Chlore (g)	< 2,6 – 2,8			

* SC = somme des cations (K + Ca + Mg en meq).

Diagnostic recommandé : sol et plante

En système d'agriculture raisonnée et dans les exploitations ayant un bon rendement, les causes de dysfonctionnement de la culture ne sont pas toujours évidentes.

Nous recommandons de réaliser une fois par an un échantillonnage global sur les parcelles de référence (mais aussi ponctuellement pour les parcelles à problèmes) au stade floraison (APFD), sols et feuilles pour analyse minérale (exemple tableau 3), racines pour comptage de nématodes et, si possible, une évaluation des charançons, nombre de feuilles vivantes pour donner une appréciation de la cercosporiose.

Figure 5. Premiers symptômes de déficience en azote, coloration rouge des marges pétiolaires des plus jeunes feuilles (Cirad).

Figure 6. Excès d'azote en phase de sortie de l'inflorescence, allongement très important de la hampe florale avant la première bractée (Cirad).

La réalisation d’un profil cultural est vivement souhaitée.

Tensiomètre

Les bananiers sont très sensibles aux stress hydriques provoqués par le dessèchement du sol ou au contraire par l’excès d’eau. L’observation d’engorgement foliaire peut induire en erreur en période sèche, les excès ayant le même effet que les déficits sauf si ce manque d’eau est très fort et prolongé (fig. 7).

Les relevés des tensiomètres servent à suivre les fluctuations de la teneur en eau du sol en cours d’année et dans le profil. L’intérêt est d’abord d’évaluer le fonctionnement de la circulation de l’eau dans le sol, en particulier les excès d’eau. Dans ce cas, il est nécessaire de revoir les aménagements et la préparation des sols et ensuite d’améliorer la gestion de l’irrigation.

On ne peut pas utiliser les tensiomètres sur les sols à argiles gonflantes dans lesquels les fentes de retrait créées par dessiccation perturbent les échanges au niveau de la paroi poreuse. Les sondes Theresa de l’Inra seraient

utilisables dans ces types de sol, leur mode d'emploi est en cours de validation.

Tableau 3. Diagnostic recommandé au stade APFD. Exemple de résultats de l'analyse foliaire et de l'analyse de sol pour deux parcelles (sol brun rouille, Martinique).

Diagnostic foliaire	**Parcelle 1**	**Parcelle 2**
Somme des cations (meq/100g)	113,07	131,45
Potassium (g / 100 g)	2,855 g	2,734 g
Calcium (g / 100 g)	0,449	0 ,747
Magnésium (g / 100 g)	0,209	0 ,288
K / SC*	64,74	53,33
Ca / SC*	19,85	28,41
Mg / SC*	15,40	18,26
Phosphore (g / 100 g)	0,170	0,147
Azote total (g / 100 g)	2,430	2,440
Fer (ppm)	121	126
Manganèse (ppm)	79	115
Zinc (ppm)	20	19
Diagnostic du sol	**Parcelle 1**	**Parcelle 2**
Acidité pH eau	4,59	5,14
Capacité d'échanges cationique (meq / 100 g)	14,91	18,67
Somme des bases échangeables (meq / 100 g)	2,00	3,41
Coefficient de saturation %	13,43	18,28
Potassium échangeable (meq / 100 g)	0,69	0,30
Calcium échangeable (meq / 100 g)	0,76	2,20
Magnésium échangeable (meq / 100 g)	0,55	092
K / Mg	1,27	0,32
K / SC* (%)	34,67	8,67
Ca / SC* (%)	38,01	64,46
Mg / SC* (%)	27,32	26,87
Phosphore assimilable (ppm)	14,03	9,38

* SC = somme des cations (K + Ca + Mg en meq).

Principe de fonctionnement

C’est le même que celui d’une racine. L’appareil détermine la résistance à l’extraction de l’eau du sol. Il mesure la dépression créée dans un système étanche à l’air grâce au transfert de l’eau à travers une céramique poreuse. Quand le sol est saturé d’eau, il n’y a aucun échange entre la céramique et le sol ; lorsqu’il est en déficit hydrique une dépression se crée et génère un retrait d’eau dans le tube tensiométrique.

Aide à la gestion de l’eau

Les tensiomètres sont placés par batterie de 3 appareils à deux ou trois profondeurs : 30, 60 et 90 cm. La localisation doit tenir compte de la pente. L’objectif du pilotage est de vérifier que les conditions hydriques dans le sol sont proches de la réserve en eau facilement utilisable (RFU) sans saturation (fig. 8).

Pilotage de l’irrigation

Les tensiomètres sont placés par batterie de trois (fig. 9) à une profondeur de 30 cm. La localisation doit tenir compte du système d’irrigation et de la conception du réseau (gestion en courbe de niveau, dans le sens de la pente…).

Figure 7. Engorgement dû à un très fort et long déficit hydrique. Passage brutal de l’engorgement à la disposition normale des pétioles (Cirad).

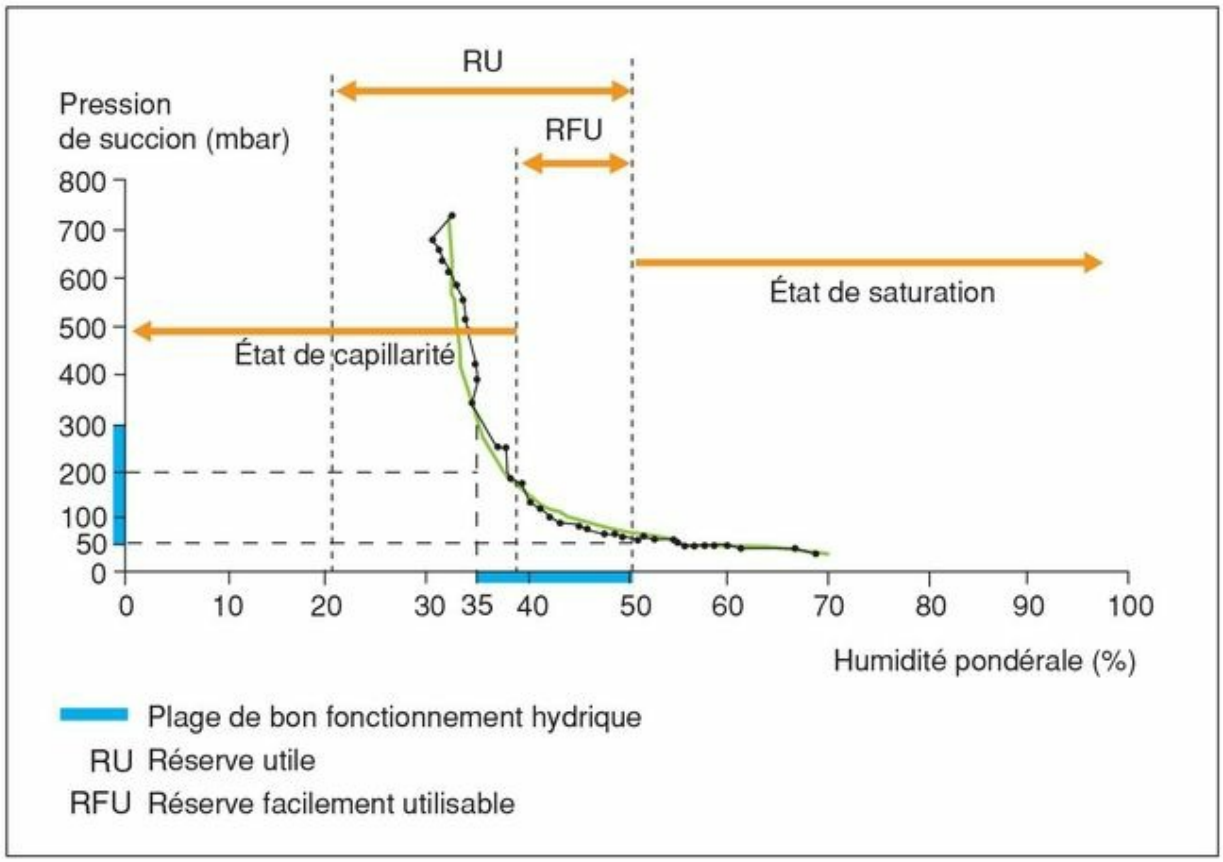


Figure 8. Principe du pilotage de l'irrigation par tensiomètre : visualisation des différents états hydriques du sol. Valeurs tensiométriques optimales (Cirad).

L'objectif du pilotage est de maintenir les conditions hydriques proches de la réserve facilement utilisable. Cet optimum correspond à des valeurs tensiométriques comprises entre -50 et -200 mb. Il faut souligner que ces données tensiométriques sont corrélées à la teneur en eau du sol, mais ces dernières ont des valeurs absolues différentes, les réserves utiles étant fonction du type de sol.

La figure 10 montre un exemple d'utilisation.

Les contraintes techniques et l'hétérogénéité des parcelles ne permettent pas d'atteindre systématiquement les meilleures conditions pour l'absorption racinaire, mais l'emploi de tensiomètres informe des erreurs de gestion de l'irrigation habituellement pratiquée. Cela permet d'optimiser l'irrigation, jusqu'à 30 % d'économie d'eau (Cirad), avec une meilleure absorption des racines.

Figure 9. Positionnement des tensiomètres par trois dans le sol (Cirad).

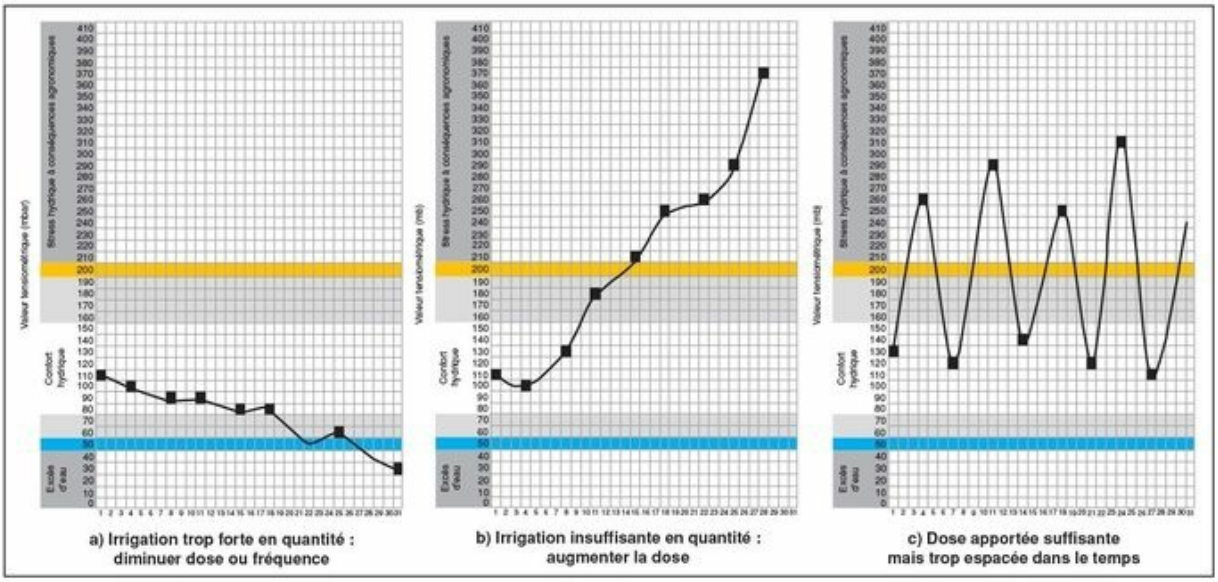

a) Irrigation trop forte en quantité : diminuer dose ou fréquence
b) Irrigation insuffisante en quantité : augmenter la dose
c) Dose apportée suffisante mais trop espacée dans le temps

Figure 10. Exemple d'utilisation des valeurs fournies par les tensiomètres.

Indicateurs de défense des cultures

L'objectif est de disposer au moment opportun de tous les paramètres permettant de prendre les décisions techniques dans un système de culture raisonné. Pour cela, les indicateurs agronomiques doivent être associés à un mode de suivi (ou d'alerte) fiable du parasitisme.

Les parasites et les ravageurs provoquent des dégâts soit directs par destruction de cellules de l'hôte — ils sont alors la cause de déformations, nécroses, taches, pourritures et aussi nanisme ou chute de plants — ; soit indirects par l'intermédiaire de substances émises par le parasite ou par le végétal en réaction à cette attaque.

Techniques de détection et d'observation

Les techniques de détection et d'observation sont fonction du type de parasite.

Au préalable, il faut s'assurer que les dégâts (ou la maladie) observés sont bien liés au parasite incriminé. Il existe en effet de nombreux cas où les symptômes ne sont pas spécifiques (partiellement ou totalement) d'un seul parasite.

Relation entre dégâts et parasite

Établir le lien entre dégâts et parasite est souvent affaire de spécialistes. On teste les différentes possibilités :

– le parasite est systématiquement associé à l'expression des symptômes ;

– le parasite peut être isolé sur le lieu d'attaque ;

– une culture pure du pathogène provoque l'apparition des symptômes sur un plant sain inoculé ;

– le pathogène peut être isolé de nouveau à partir de plants inoculés.

Observations

Ravageur en place

Détection par des observations visuelles plus ou moins fréquentes : parasites sur les régimes au champ, araignées rouges, chenilles, escargots, *Lygirus*, etc.

Suivi par un dispositif particulier : c'est le cas pour les charançons et les cercosporioses.

Après traitement de l'échantillon

Après extraction, l'échantillon est observé à la loupe : cas des nématodes ou de champignons comme *Colletotrichum, Cylindrochladium.*

Après mise en culture sur des milieux spécifiques et parfois coloration : cas des bactéries.

Tests

• Test sérologique pour les maladies à virus particulièrement.

• Tests moléculaires pour la détermination d'espèces morphologiquement proches (par exemple *Meloidogyne* spp.) et la caractérisation de souches d'une même espèce.

Nématodes

Ce parasitisme est présent dans la majorité des régions bananières.

Observations et suivi au champ

Les observations directes de nématodes au champ ne sont pas suffisantes puisqu'elles ne détectent que des attaques avancées. Par exemple, on ne distingue pas toujours à première vue la cause du déracinement d'un bananier.

Le suivi des infestations est effectué dans des parcelles plantées en bananiers.

• Cas de plantation avec des vitroplants après assainissement du sol. Comptage tous les 3 mois à partir du début de la floraison du 1er cycle. Après un premier traitement, comptage tous les 4 mois.

• Parcelles anciennes ou non conformes. Suivi recommandé tous les 4 mois pour ajuster et vérifier l'efficacité des traitements nématicides. Cette situation devrait progressivement disparaître avec la suppression des traitements nématicides et l'emploi des vitroplants.

• Parcelles agronomiques de référence. Faire correspondre le prélèvement pour évaluer l'infestation de nématodes aux échantillonnages de sol et de feuilles au stade floraison APFD effectués pour les analyses.

Du prélèvement au traitement

Échantillon

Il est constitué de racines prélevées sur au moins 20 bananiers régulièrement dispersés. Cinq racines par plant sont collectées au niveau de la tige adulte, perpendiculairement à l'axe mère-fils-petit-fils, les racines sont coupées au ras de la souche, ne pas prendre de racines pourries. Conserver l'échantillon à l'abri du soleil puis transmettre rapidement (moins de 48 heures) au laboratoire d'analyse.

Comptage

Après lavage des racines et broyage, les nématodes sont séparés des débris de plante en jouant sur la taille et la densité. Après extraction par centrifugation et flottaison, le comptage se fait à la loupe binoculaire. Cette méthode permet de dénombrer l'ensemble des nématodes (vivants et morts) présents dans

l’échantillon. Elle convient à la lutte chimique déclenchée sur avertissement.

Décision de traitement

Le traitement est décidé en fonction de la courbe d’évolution du nombre de nématodes *(Radopholus similis).* Compte tenu de sa vitesse de multiplication, il est préférable d’intervenir lorsque le niveau d’infestation est assez bas, par exemple au seuil de 1 000 *Radopholus similis* pour 100 g de racines.

Contrôle avant plantation de bananiers

Vérifier avant plantation des vitroplants que le sol est assaini en *Radopholus similis* (fig. 1).

La meilleure solution est d’élever des vitroplants sur du sol prélevé dans la parcelle (test biologique) et de réaliser les comptages standards sur leurs racines.

Test biologique

Il doit être réalisé entre 45 et 60 jours avant la date prévue pour la plantation en vitroplants.

Figure 1. Avant de planter des bananiers, vérification de l’absence de *Radopholus similis* par test biologique sur la terre (Cirad).

Pour faire un test sur une parcelle : prélever de 12 à 15 kg de terre à partir de 20 carottes de terre (10 sur chaque diagonale) à distance à peu près régulière ; 600 à 750 g par carotte sur 30 cm de profondeur ; transport en sac fermé, à l’abri du soleil.

Homogénéiser le sol en mélangeant plusieurs fois, répartir en 10 pots de 1 kg pour chaque vitroplant. Placer dans un lieu sans nématodes (bac de pépinière ou équivalent) et repiquer un vitroplant par pot (au stade repiquage). Arroser si nécessaire avec de l’eau propre (pas de la rivière).

Au bout de 4 semaines, arracher les plants, récupérer toutes les racines et envoyer au laboratoire d'analyse nématologique.

Recommandations

En l'absence de *Radopholus similis* la mise en culture est possible. En cas de présence, refaire une analyse deux mois après en ayant fait le nécessaire pour assainir la parcelle.

Dans le cas des pépinières de sevrage et d'élevage de vitroplants (fig. 2), il est indispensable de vérifier l'état sanitaire des vitroplants avant leur transfert au champ bien que le maximum de précautions soient prises pour éviter la contamination en pépinière (eau d'arrosage, substrats, personnel, causes exceptionnelles).

Une semaine avant la date de livraison prévue, un échantillon de 10 vitroplants prêts à planter doit être contrôlé dans chaque serre. Le comptage des nématodes est réalisé sur les racines comme pour l'échantillon standard. L'échantillon doit être indemne de *Radopholus similis* (zéro RS).

Charançons

De par sa biologie, *Cosmopolites sordidus* n'est pas très facile à observer. Les adultes, et, plus encore, les larves sont très difficiles à recenser : il faut découper en petits morceaux au moins 40 plants pour estimer une population dans une bananeraie de moins de 5 ha…

Détection et observation

Vérification après récolte

Il faut toujours avoir le réflexe de vérifier que les souches des plants déracinés (fig. 3) n'ont pas de galeries de charançons.

Évaluation des dégâts

L'évaluation des dégâts par décorticage tangentiel des souches consiste à noter et à quantifier l'importance des galeries larvaires à l'intérieur du bulbe.

• Effectuer le contrôle sur au moins 30 plants (40 plants pour une parcelle homogène d'environ 1 ha) dont les régimes ont été récoltés dans les trois semaines qui précèdent l'observation.

Figure 2. Vérification de l'absence de nématodes sur les vitroplants avant la livraison (Cirad).

Figure 3. Évaluation des attaques de larves de charançons par décorticage tangentiel de la souche (Cirad).

• Dégager le collet sur les trois-quarts de sa circonférence. Creuser le sol autour du bananier puis découper la souche tangentiellement avec un coutelas en enlevant les premiers centimètres externes sur environ 10 cm de hauteur.

• Quantifier l'importance des galeries larvaires à l'intérieur du bulbe. Ce comptage est réalisé sur au moins 30 plants par hectare, sur les bananiers dont les régimes ont été récoltés dans les trois semaines précédant l'observation.

• Attribuer une note correspondant à la proportion de la circonférence du bulbe présentant des dégâts (tab. 1).

On note la présence de galeries de larves de charançons (pourcentage de plants attaqués) et la proportion de la circonférence du bulbe présentant des dégâts (intensité des attaques) selon le tableau 1.

Deux indicateurs sont obtenus : la proportion de plants touchés et le degré

d’infestation (moyenne des notes des plants touchés).

Pièges

Pendant longtemps, des pièges ont été fabriqués avec des fragments de pseudotroncs frais, coupés longitudinalement et posés au sol. Cette méthode permettait d’évaluer l’activité des charançons, mais le résultat ne traduisait pas bien l’importance des dégâts, les populations capturées étant faibles par rapport aux populations totales.

Piège à phéromones

Depuis cinq ans, les pièges à phéromones d’agrégation (fig. 4) permettent d’attirer beaucoup plus efficacement les charançons sur des aires importantes. Avec cette technique, il est possible de suivre les déplacements et l’activité des charançons adultes. C’est un bon instrument de surveillance *(monitoring)* mais il ne piège que la fraction de la population qui se déplace.

Installation et renouvellement des pièges à la sordidine

Compte tenu de la dynamique des populations de charançons, ces pièges doivent être placés sur l’ensemble de l’exploitation mais en différenciant toutefois trois types de situations : secteur mis en jachère ou rotation, replantation jusqu’à deux ans, parcelle de plus de deux ans.

Tableau 1. Grille de notation de l’infestation de charançons, après décorticage du bulbe.

Note	Importance des dégâts
0	Aucun
5	1 ou 2 galeries
10	1/10 de la circonférence du bulbe est attaquée
20	1/4 de la circonférence du bulbe présente au moins une galerie
30	1/3 de la circonférence du bulbe est attaquée
40	1/2 de la circonférence du bulbe présente au moins une galerie
60	¾ de la circonférence du bulbe présente au moins une galerie
80	Plus des 3/4 de la circonférence sont attaqués, quelques portions restent sans dégâts
100	La totalité de la circonférence présente des dégâts

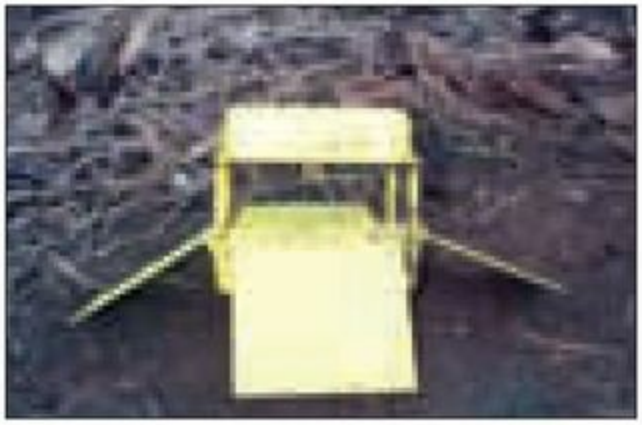


Figure 4. Évaluation des populations de charançons adultes par piège à la sordidine (Cirad).

Un piège est constitué d'un bac rempli d'eau savonneuse (eau + 2 % de savon liquide), surmonté d'un couvercle sous lequel est suspendu un diffuseur de phéromone. Les parois latérales laissent un espace suffisant pour le passage des charançons qui, attirés par la sordidine, tombent dans le bac et s'y noient. Une substance synergiste, l'acétate d'isoamyle, améliorant l'attractivité des phéromones émises, est désormais ajoutée.

Le sachet-dose de sordidine doit être changé régulièrement, toutes les 4 à 8 semaines selon la marque et le climat. La quantité de liquide (eau savonneuse ou glycol) est ajustée à chaque observation. Les charançons sont dénombrés chaque semaine.

Conseil de traitement

Cette technique qui permet de suivre les déplacements et l'activité des charançons adultes est utilisée aussi dans la lutte proprement dite.

Il est conseillé de traiter chimiquement lorsque le nombre de charançons par piège et par semaine est supérieur à 7 pendant 4 semaines consécutives. Lorsque l'infestation est inférieure à 7 charançons par piège et par semaine, il faut envisager une lutte par couverture totale de pièges à sordidine (5 pièges par hectare) et si possible avec l'adjonction d'une lutte biologique.

Cercosporioses

Quantifier la maladie présente dans une plantation permet de programmer des traitements afin de ne jamais laisser évoluer la cercosporiose jusqu'à un stade créant des dégâts irréversibles pour la plante (fig 5). C'est la base de la lutte sur avertissement.

Minimiser le nombre de traitements devient un impératif incontournable, pour des raisons très diverses : coût des applications ; nuisances pour la

plante, le personnel et le milieu naturel ; risques d'apparition de souches résistantes.

Bases de l'avertissement biologique

Notation

Les attaques étant d'autant plus graves que les feuilles sont touchées précocement, les observations sont réalisées sur les plus jeunes feuilles, les dernières émises. La numérotation des feuilles se fait en partant du cigare : feuille 0, en cours d'émission. Sur chacune des feuilles (II à V), on recherche les symptômes de la maladie et on attribue une note correspondant au stade le plus avancé de la maladie (de 0 = sans symptômes à 5 = au moins une nécrose).

Pour la cercosporiose jaune, par exemple :

- stade 1, tiret vert clair de moins de 1 mm ;
- stade 2, tiret vert clair de plusieurs millimètres ;
- stade 3, tache ovale brun rouille ;
- stade 4, tache avec centre gris blanchâtre, marge noire ;
- stade 5, nécrose avec centre desséché.

Figure 5. Évaluation du niveau d'évolution de la cercosporiose jaune ou noire Ici symptômes de *Mycosphaerella fijiensis* au Cameroun (Cirad).

Postes d'observation

Des postes d'observation doivent être localisés dans les secteurs à risques, puis une visite générale est nécessaire pour détecter les foyers potentiels.

Chaque poste correspond à 10 bananiers en phase végétative (un bananier arrivant en floraison est remplacé par un nouveau ou par son rejet s'il est à un stade avancé, feuilles larges et bonne végétation). Les observations sont hebdomadaires, à jour fixe pour simplifier les calculs.

Paramètres complémentaires

Pour améliorer la précision, on relève à chaque passage le numéro de la dernière feuille émise et le stade de déroulement du cigare (feuille 0).

Cinq stades sont définis et correspondent chacun au 1/5 du temps d'émission d'une feuille, on définit un coefficient de rectification du rythme d'émission foliaire (noté entre parenthèses) : cigare fermé (0,0) ; début de relâchement des spires (0,2) ; cornet droit (0,4) ; cornet très évasé (0,6) ; limbe presque étalé (0,8).

Par exemple, en semaine 1, le nombre de feuilles est de 12,4 (12 feuilles sorties et cigare en cornet droit 0,4) et en semaine 2, il est de 13,2 (13 feuilles et cigare en début de relâchement des spires (0,2) ; le rythme foliaire est de 0,8.

Calcul de l'état d'infestation

Coefficient de dangerosité

À chaque feuille est attribué un coefficient de dangerosité : par exemple, un stade 3 sur une feuille FIII est plus dangereux que le même stade sur FV. En sommant les notes obtenues sur les 4 feuilles de 10 bananiers, on obtient la somme brute (tab. 2), dans cet exemple, cette somme brute est de 1 600.

État d'évolution de la maladie

La somme brute est pondérée par la vitesse d'émission foliaire : rythme d'émission foliaire = nombre moyens de feuilles émises au cours des 7 derniers jours. On obtient l'état d'évolution (EE) de la maladie.

État d'évolution = 1 600 x 0,8 = 1 280

En avertissement biologique, un traitement doit être appliqué dès que l'état d'évolution augmente fortement (fig. 6).

En pratique, les responsables des traitements généralisés modulent leur décision en fonction des conditions climatiques, essentiellement des évaporations Piche (au-delà de 22 mm par semaine, les conditions sont défavorables à la maladie) mais aussi de critères empiriques, par exemple : zone particulièrement difficile à traiter du fait de la topographie et des vents dominants où il convient de tenir compte de la forte probabilité de traitement défectueux, etc.

Tableau 2. Coefficient de dangerosité attribué à chaque feuille de bananier

pour calculer la somme brute corrigée de la maladie, en fonction du stade de déroulement du « cigare ».

Stade de la maladie	Numéro de la feuille			
	FII	FIII	FIV	FV
1	80	60	40	20
2	100	80	60	40
3	120	100	80	60
4	-	120	100	80
5	-	-	120	100

Calcul de la somme brute en fonction de l'infestation observée sur les feuilles.

Stade de la maladie	Nombre de bananiers touchés				Calcul somme brute			
	FII	FIII	FIV	FV	FII	FIII	FIV	FV
1	2	3	0	0	160	180	0	0
2	3	2	1	1	300	160	60	0
3	0	0	2	2	0	0	160	120
4	0	0	3	0	0	0	300	0
5	0	0	1	0	0	0	120	0

Somme brute pour 10 bananiers : 1 600

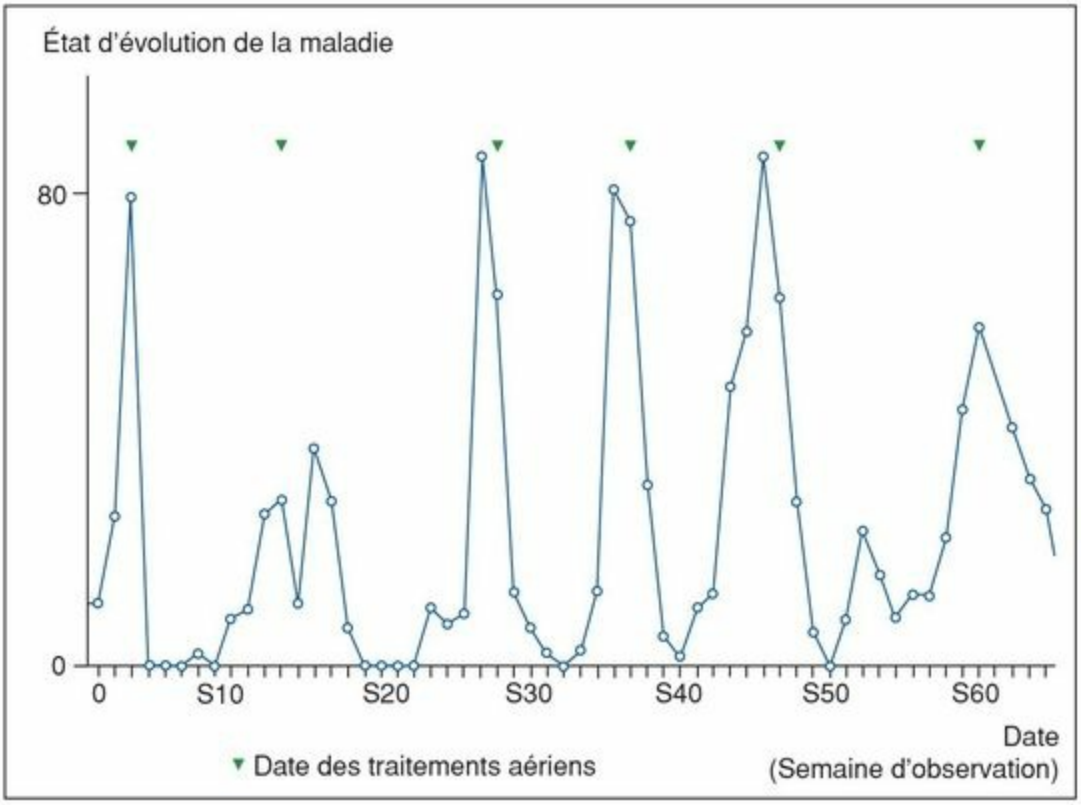


Figure 6. Suivi hebdomadaire de l'état d'évolution de la cercosporiose jaune en Martinique (avec indication des dates de traitement) (Cirad).

Autres parasites

Pour les parasites courants, il s'agit d'une observation visuelle de la présence comme pour les viroses ou la rouille argentée. Dans les autres cas et dans tous les cas litigieux ou nouveaux, il faut faire appel aux techniciens et aux services compétents.

Indicateurs de production, de récolte, d’emballage et de qualité des fruits

En plus des bilans de production, le relevé des critères de récolte est essentiel. Généralement, les contrôles de qualité effectués dans la station de conditionnement sont bien rodés et appliqués, à quelques nuances près, par tous les exportateurs de banane dessert. Nous insistons sur quelques aspects révélateurs de la qualité de la production : contrôle des déchets, vérification de la durée de vie verte et du parasitisme et simulation du transport, rapidité de communication.

Établir des bilans de production

Nombre de fleurs chaque semaine par parcelle

Au moins pour les deux premiers cycles, la valeur du rapport nombre cumulé de fleurs / nombre de pieds plantés oriente la décision d’homogénéiser la population en fin de cycle par le recépage des plants non fleuris (à un seuil défini de floraison).

Comptages de régimes à chaque récolte par parcelle

Le comptage des régimes récoltés selon la semaine de floraison est obligatoire pour contrôler et gérer l’ordre de coupe. La tenue d’un tableau de coupe par semaine de floraison permet de vérifier la qualité de repérage des marquages, de dénombrer les régimes sans marques, de décider du solde de coupe de la semaine.

Bilan de l’usinage

Au moins une fois par jour, un bilan de l’usinage est effectué pour intervenir rapidement sur les paramètres déviants (critères de récolte, qualité du transport, qualité de l’usinage) : rapport nombre de cartons / nombre de régimes usinés, ou mieux, poids net total / nombre de régimes usinés ; évaluation des écarts de triage par le ratio poids net / poids brut.

En cas de valeurs critiques, il faut examiner les causes de rejet (blessures anciennes ou récentes) pour intervenir rapidement à l’étape qui convient.

Critères de récolte

Pour récolter au stade physiologique le plus avancé sans mûrs d’arrivage, utiliser la somme de température comme critère de coupe.

Indicateurs

Marquage des fleurs

La qualité du marquage des fleurs est un préalable. Le marquage doit être très

rigoureux, réalisé impérativement deux fois par semaine au stade tête de cheval.

Relevé des températures

Les enregistreurs de température doivent être installés dans certaines conditions : abri standardisé placé à l'intérieur d'une parcelle, dans le grand rang (fig. 1) à 180 cm de hauteur ; un abri par secteur d'altitude homogène (100 à 150 m).

Les critères de choix de l'enregistreur sont : l'étanchéité du boîtier, la fréquence des prises de mesure (au moins toutes les 30 minutes), la mémoire de stockage des données (au moins 500 mesures), les possibilités de transfert des données et leur traitement informatique.

Le fonctionnement de ce type d'équipement devrait être assuré à l'échelle d'une zone climatique par le service technique de l'exploitation ou de la profession.

Traitement et utilisation des données

Chaque semaine, avant le premier jour de coupe (ou deux fois en cas de deux récoltes par semaine dans la même parcelle), il faut collecter les données de température et les traiter à l'aide des logiciels disponibles.

Le tableau récapitulatif doit présenter les températures journalières (T °C) du jour de collecte et des 120 jours qui le précèdent ainsi que la somme thermique de chaque jour (STHj) prenant comme base 14 °C (STHj = T °C - 14). La somme cumulée de température (STHc) est établie à partir du dernier jour d'observation. La durée de vie verte étant corrélée à la somme de température entre la floraison et la récolte, il est donc possible de repérer avec précision la semaine de floraison correspondant aux régimes à couper.

Figure 1. Poste d'enregistrement des températures à placer en bananeraie, sous couvert végétal (Cirad).

À la station d'emballage

La tendance est de négliger la mise en place d'indicateurs à l'arrivée à la station d'emballage. Pourtant, c'est un poste essentiel, interface entre les critères agronomiques et agroalimentaires.

Indicateurs à l'emballage

Caractérisation de la production brute

• Comptage des régimes récoltés par parcelle et par date de marquage. Vérification de la conformité des marquages avec l'ordre de coupe, nombre de régimes sans marque.

• Pesée de tous les régimes pour l'évaluation des écarts de triage et des rendements.

• Sélection avant usinage. Nombre de régimes refusés à l'usinage.

Contrôle de qualité à l'arrivée

• Évaluation des défauts de manutention comme les meurtrissures, grattages frais, pliures de pédoncule, mutilations.

• Se référer à la liste de contrôle des écarts de triage (tab. 1).

Le retour, vers le chantier de récolte, de l'information sur la qualité à l'arrivée doit être rapide. Il faut transmettre des recommandations claires et précises sur le choix des régimes à couper, le transport dans la parcelle et jusqu'à l'atelier, la qualité des épaulières, etc.

Contrôle des écarts de triage

Le contrôle des écarts de triage doit être un autocontrôle systématique (réalisé par le responsable qualité de la station d'emballage). C'est un indicateur de la qualité de travail du stade floraison jusqu'à la découpe incluse. De même que pour le contrôle de la qualité à l'arrivée, il faut préciser et localiser les défauts et répercuter rapidement les observations soit pour améliorer le conditionnement (blessures et défauts frais), soit pour améliorer les soins aux fruits dans le futur.

• Réaliser le contrôle sur 100 doigts au minimum, au moins 4 fois par jour.

• Taux global d'efficacité : nombre de fruits écartés sans nécessité / nombre total de fruits. Ce taux doit être le plus bas possible, il correspond aux défauts lors de la mise en bouquets.

• Taux de défauts de manutention : nombre fruits ayant des blessures fraîches / nombre de fruits avec anomalies. Cette donnée permet une action immédiate.

Tableau 1. Liste de contrôle des écarts de triage.

Type de défaut	Origine
Défauts au champ : cicatrisés	Grattages des feuilles
	Grattages des ficelles de haubanage
	Grattages d'apex
	Cicatrices : chenilles, oiseaux, rats, escargots, etc.
Parasitisme au champ	Rouille argentée
	Rouille rouge (interdigitale)
	Thrips de la fleur, Cochenilles
	Fumagine
	Specklings
	Divers (*Erwinia,* bout de cigare, etc.)
Défauts de manutention : frais	Meurtrissures
	Grattages frais
	Pliures de pédoncule
	Mutilations (coup de couteau)
Défauts de travail du fruit : à l'atelier	Coups de couteau
	Couronnes défectueuses
Défauts physiologiques	Fruits difformes
	Fruits jumeaux
	Chimère sur la peau
Défauts liés à la gestion technique	Fruits courts
	Fruits maigres
	Fruits trop pleins (rouille de maturité)
Divers	Taches sévères de latex
	Brûlures chimiques
	Brûlures solaires

Suivi du traitement fongicide postrécolte

La traçabilité est indispensable.

• Préparation de la solution de départ. Relever : date, heure, quantité et nom du fongicide.

• Réajustements de la concentration. À chaque réajustement, mentionner la date, l'heure, le nombre de cartons remplis depuis le précédent réajustement,

la quantité de produit.
• Vidange de la solution. Relever : date et heure, nombre de cartons depuis le dernier réajustement de la concentration.

Contrôle après emballage

Dans la majorité des pays, ce contrôle est bien organisé et fiable.
Il est cependant utile que le planteur lui-même réalise des contrôles afin d'apporter immédiatement les adaptations nécessaires au bon fonctionnement de l'atelier de conditionnement.
Contrôler au moins 5 cartons (fig. 2) par jour :
– vérifier le nombre de bouquets par carton et de doigts par bouquet ;
– contrôler le respect des normes (surclassement en grade et longueur, poids) ;
– noter les défauts liés à l'emballage (grattages frais, meurtrissures, pliures de pédoncules), mauvais remplissage et défaut de positionnement (pad, polybag, bouquets) ;
– noter les défauts liés à la chaîne (latex, trace de fongicide, hétérogénéité) ;
– noter les défauts liés à la découpe : couronne rase, en pointe, arrachée (et non élimination des défauts venant du champ et de la récolte) ;
– répertorier les défauts antérieurs (tab. 1).

Contrôle de la qualité des fruits : durée de vie verte et parasitisme

Afin de disposer rapidement des informations réelles sur la qualité physiologique des bananes (durée de vie verte et développement de maladies fongiques), indépendamment du transport maritime, il est possible de simuler le transport en conteneur.

Dispositif nécessaire

Un conteneur autoréfrigéré de 20 pieds (6,2 x 2,5 x 2,5 m) est aménagé avec des étagères et un sas d'entrée (plus éclairage). Il est maintenu à la température de 18 °C, et l'air renouvelé 30 fois par heure.

Figure 2. Contrôle de la qualité en sortie de station, sur au moins cinq cartons par jour (Cirad).

Procédure

En station d'emballage, sur un régime pour 50, prélever un bouquet de 6 doigts sur la dernière main (distinguer les comptages par semaine de floraison), marquer, laver et désinfecter. Puis introduire les bouquets en conteneur 2 fois par jour.

Observation des bouquets chaque jour

Sortir les bouquets du conteneur au stade 3 (vert tournant), noter l'état sanitaire. Calculer la durée de vie verte et interpréter l'information pour affiner les critères de récolte (selon durée de vie verte observée) et la désinfection postrécolte (présence de chancre ou infiltration sur la couronne).

Conclusion

Les systèmes de culture durables de la banane

Cet ouvrage tente de répondre à la question « Quels sont les systèmes de culture durables de la banane ? » Elle recouvre en fait trois préoccupations essentielles qui sont les possibilités d'évolution de la culture de la banane, les risques encourus et les enjeux économiques.

Est-il possible de faire évoluer les systèmes culturaux actuels ?

De nombreux résultats de recherche et de développement sont disponibles, des outils de gestion agronomiques sont utilisables et accessibles, des exemples de systèmes intégrés existent, il est donc tout à fait envisageable de promouvoir de nouveaux systèmes de culture. Cette démarche est économiquement réaliste, cependant l'agriculteur doit s'engager à appliquer un système dans sa globalité et ne pas procéder à des modifications seulement partielles des techniques antérieures.

Les possibilités d'évolution des systèmes de culture proposées dans cet ouvrage portent sur les aménagements et les infrastructures, l'état sanitaire des plantations, le soin apporté à la plantation et à la conduite du peuplement, l'emploi des intrants. Les ingrédients d'une agriculture à la fois efficace et respectueuse de l'environnement sont connus : « il faut pas mal de science, beaucoup de savoir-faire, un zeste de réglementation, ce qu'il faut de discipline, de bon sens et d'esprit ouvert ».

Élaborée à partir des expériences de terrain dans plusieurs régions et dans plusieurs pays, la synthèse exposée n'a cependant pas la prétention d'être exhaustive. Elle porte surtout sur les plantations destinées au marché de la banane dessert. Sous une forme condensée (en encadré), sont détaillées les actions à mener pour atteindre les objectifs d'une culture durable du bananier pour chacune des composantes principales de l'itinéraire technique : gestion de l'assolement, aménagements de base, préparation des sols pour la replantation, plantation dans le cas des Cavendish, conduite des populations, irrigation, entretien du sol, fertilisation et amendements, lutte contre les parasites, soins aux fruits au champ, récolte, station de conditionnement, gestion des déchets, gestion technique et indicateurs. Ce dernier thème est particulièrement important puisqu'il concerne les méthodes d'évaluation de la production à tous les stades de la culture.

Choisir et mettre en place un système de culture du bananier

Les systèmes de culture du bananier reposent sur les choix globaux de l'exploitation et doivent privilégir la pérennité du système et l'état sanitaire de la plantation (sol et plants).

La mise en place est fonction de l'orientation choisie par le planteur. Le système comprend la rotation avec l'ananas ou la canne à sucre, l'introduction du maraîchage ou des cultures vivrières, la jachère... Les soles doivent être implantées par secteur et non en parcelles isolées.

La pérennité dépend de la définition des critères d'arrêt de la production de la sole bananière : productivité (nombre de régimes récoltés) par rapport à la densité de plantation ; nombre de cartons livrés par rapport au nombre de régimes ; évolution des rendements ; augmentation de la lutte chimique et de la fertilisation pour le maintien de la production selon des indicateurs de pression sanitaire et de fertilité.

Gestion de l'assolement

▸▸ Assainissement du sol

• Actions. Assurer rapidement un vide sanitaire la fin de la culture, puis achever l'assainissement.

• Mise en pratique. Destruction chimique de la bananeraie en 2 mois maximum en utilisant un herbicide à systémie descendante par injection dans le faux tronc, effectuer deux applications d'herbicide si nécessaire (ne tolérer aucune repousse). Prévoir une rotation culturale avec des cultures non hôtes des nématodes du bananier (principalement *Radopholus similis*) telles que canne à sucre, ananas, cultures maraîchères (sauf cucurbitacées, carottes...), cultures vivrières (dachine, igname…), ou mettre en place une jachère (10 mois sans aucune repousse de bananiers et sans plantes hôtes des nématodes). Sur andosols et sols sur cendres et ponces, il est conseillé de faire une culture suivie d'une jachère d'un ou deux ans, ou bien deux ans de jachère ou de culture.

▸▸ Préparer la replantation en conditions optimales

• Préparer le terrain deux mois après destruction des bananiers, laisser s'enherber pour créer un mulch protecteur et

maîtriser avec un herbicide à systémie descendante. Cette technique réduit les risques de phytotoxicité des herbicides à la plantation et il n'y a pas de travail du sol à la plantation.

• Vérifier la qualité d'assainissement, la disparition des nématodes par des tests en pots, 2 mois avant la date prévue de plantation en bananes. Mettre en place des cultures améliorantes (engrais vert) ou une jachère enherbée.

Adapter les aménagements et les infrastructures

Par exemple, il est possible de concevoir l'évacuation de l'eau de pluie sans que l'eau ruisselle d'une parcelle à l'autre afin de lutter contre le ravinement mais aussi en même temps pour limiter la dispersion des nématodes. Le réseau de drainage doit être adapté au système de récolte, au dispositif de plantation, à la mécanisation, etc. Il faut aussi assurer une alimentation hydrique optimale du bananier, et réduire la diffusion des pesticides.

Aménagements de l'exploitation

▸▸ Maîtriser l'excès d'eau dans le sol par l'assainissement et le drainage

• Actions. Mettre les racines dans le meilleur environnement hydrique, éviter toute stagnation d'eau excédentaire dans le sol et faciliter son évacuation par le réseau de drainage.

• Mise en pratique selon les types de sol. Sur les vertisols et sols à argiles gonflantes : façonnage et régalage de la parcelle afin de favoriser le ruissellement et donc de limiter l'infiltration dans des sols à drainage interne très faible. Sur les sols fersiallitiques, sols brun rouille, sols argileux : création d'un réseau de fossés de drainage et de diversion des eaux de ruissellement dans les parcelles les plus humides, possibilité d'enterrer des drains dans quelques situations particulières (réaliser des profils de sol). Sur les andosols et sols sur cendres et ponce : interception de la circulation de l'eau dans le sol par des fossés raccordés au réseau de ravines, création de fossés de ceinture en amont des parcelles.

▸▸ Contenir la circulation de l'eau en surface et lutter contre l'érosion

• Actions. Éviter le transfert de l'eau d'une parcelle à l'autre,

réduire les transferts d'eau par infiltration, limiter l'érosion.

• Mise en pratique. Profiler les pistes en contre-pente pour éviter l'écoulement d'eau dans les parcelles en contrebas. Raisonner l'intérêt du travail du sol (profil cultural) et adopter un dispositif de plantation favorisant le ruissellement et n'aggravant pas le risque d'érosion. De préférence, planter dans le sens de la pente ou « en épi » sur la ligne de plus grande pente. Dresser un plan de l'exploitation en indiquant la circulation de l'eau dans le(s) bassin(s) versant(s) et élaborer un plan simple d'aménagement et de gestion de l'exploitation à l'aide des outils Sig. Créer des fossés de ceinture et antiérosifs. Protéger les ravines principales : enherbement, implantation d'arbustes (goyaviers), placement de blocs de pierre, tracé en zig-zag. Prévoir des bandes enherbées de part et d'autre des cours d'eau, sans fossé ou rigole traversant la bande enherbée.

▸▸ Limiter le risque de ruissellement des produits polluants

Il s'agit de créer et de maintenir des zones tampons et un couvert végétal (de faible hauteur pour ne pas gêner les traitements aériens) permanent en bordure des cours d'eau. Ces aménagements consistent à réaliser des fossés de ceinture pour éviter le transfert des nématodes (donc la réinfection et l'emploi des nématicides).

▸▸ Réduire l'évapotranspiration

L'installation de brise-vent ou de rideaux abris permet de limiter l'évapotranspiration et a donc un effet sur le rendement et la qualité des fruits.

▸▸ Transporter les régimes de bananes sans faire de chocs

Les dispositifs de transports ont des effets sur le rendement et la qualité. Il est recommandé de construire un réseau de pistes pour limiter le transport manuel des régimes, sans gêner la circulation de l'eau. Il faut entretenir le réseau de pistes dès sa construction par un profilage vers le morne (colline) avec un canal d'évacuation. Il est conseillé d'installer un réseau de *cable way* de préférence dans toutes les exploitations en terrain quasi plat.

Contrôler l’état sanitaire à la plantation

Il s’agit de mettre en œuvre le principe d’implanter du matériel végétal sain sur un sol assaini, l’assainissement est obtenu soit par jachère soit par la rotation culturale. L’assolement est à optimiser par bloc, il ne doit pas y avoir à proximité des parcelles en jachère ou d’autres cultures.

Lutter contre les parasites

Parasitisme tellurique

• Objectifs. Planter des vitroplants sur un sol assaini par jachère ou rotation, appliquer une lutte chimique uniquement en fonction des résultats des indicateurs biologiques (comptages de nématodes, pièges à charançons).

• Actions prévues. Employer le moins possible de pesticides, utiliser tous les moyens possibles de lutte contre les parasites avant tout traitement chimique.

• Pratique générale. Adopter un système de culture et un itinéraire technique adéquats, ne jamais répéter une succession de culture de banane, mais pratiquer la jachère ou la rotation culturale, faire des aménagements pour la circulation de l’eau, vérifier l’absence de nématodes avant de planter (test des vitroplants sur terre et en pots, 3 semaines de délai), utiliser des vitroplants.

• Nématodes. Aucun nématicide ne doit être appliqué sans comptage préalable des nématodes par un laboratoire compétent : 1er comptage à la floraison du 1er cycle, puis tous les 3 mois, soit 4 comptages par an. Les prélèvements de racines sont effectués dans tous les groupes de parcelles.

• Charançons. Aucun insecticide ne doit être appliqué systématiquement à la plantation. La première précaution à prendre est de dépecer les souches de bananiers tombés et susceptibles d’être des foyers pour les larves de charançons. Le suivi des populations de charançons adultes doit se faire à l’aide de pièges à phéromones (sordidine), en continu par groupes de parcelles. Si le nombre de charançons piégés est supérieur à 7 par piège et par semaine (4 semaines consécutives), il faut appliquer un traitement insecticide le

plus spécifique possible. Si le nombre de charançons piégés est inférieur à 7, contrôler et suivre la population par des pièges à phéromones, à raison de 5 pièges par hectare. Si possible mettre en pratique la lutte biologique associant un nématode entomopathogène aux pièges à sordidine.

▸▸ Parasitisme foliaire

• Objectifs. À tous les stades de développement du bananier, assurer une surface foliaire maximale pour la photosynthèse, conserver au moins 8 feuilles fonctionnelles.

• Cas particulier des cercosporioses. Il est indispensable d'effectuer une lutte préventive contre la cercosporiose et garantir l'efficacité du traitement aérien. Assurer un bon entretien (couper les feuilles nécrosées chaque semaine systématiquement), pratiquer un bon drainage de la bananeraie, entretenir les haies d'érythrines et les lisières à proximité des parcelles. Il est conseillé de traiter selon avertissement en alternant les produits, et de compléter par des retouches éventuelles au pulvérisateur-atomiseur (lisières, proximité des habitations, etc.).

• Réduire les risques d'infestation par les virus en contrôlant l'enherbement (propreté des bordures) et en détruisant les plants atteints. Pour les autres parasites, tout traitement doit être défini et décidé en concertation avec les techniciens. Il faut les limiter le plus possible afin de favoriser les prédateurs naturels.

▸▸ Parasitisme sur fruits au champ

• Objectifs. Limiter les dégâts de thrips, réduire l'inoculum *Colletotrichum* (anthracnose).

• Mise en pratique. Réaliser un engainage très précoce, au plus tard au stade tête de cheval (gaines longues, 20 cm au-dessous de la dernière main). Éviter absolument l'emploi d'insecticide contre les thrips pour ne pas détruire leurs prédateurs.

Planter avec le maximum de soins

Les soins apportés à la plantation (et à la replantation) sont très importants, tant pour la préparation de la parcelle (choisir le type de travail de sol,

coordonner avec le drainage à mettre en place avant la plantation et non après) que pour la mise en terre proprement dite (dispositif de plantation, homogénéité du matériel végétal, rapidité des remplacements, traitements adaptés...). Une plantation bien réussie facilite l'organisation des travaux, augmente la production et permet de retarder la mise en jachère ou la rotation.

Plantation dans le cas des Cavendish

Les objectifs sont de planter du matériel végétal sain (qualité et homogénéité du matériel végétal, qualité de mise en terre) sur un sol sain ou assaini, avec un bon contrôle de la circulation de l'eau et de replanter le moins souvent possible.

Densité de population

• Actions. Obtenir un retour de cycle plus rapide, maintenir une population homogène pour pérenniser la culture.

• Mise en pratique. La densité peut être diminuée lorsque la gestion des populations de bananiers est optimale : homogénéité, pas de plants non productifs, équilibre du couvert végétal. Selon l'ensoleillement : régions ensoleillées, densité de 1 750 à 1 900 pieds / ha ; régions intermédiaires, densité plus faible, de 1 650 à 1 850 pieds / ha ; régions d'altitude ou nuageuses, densité faible, entre 1 500 et 1 650 pieds / ha.

Dispositif et sens de plantation

• Actions. Faciliter le travail des ouvriers, le haubanage, le transport des régimes, la mécanisation. Améliorer la croissance du rejet afin de diminuer l'intervalle entre deux récoltes. Favoriser l'écoulement de l'eau en surface et limiter les risques d'érosion. Favoriser l'infiltration et ralentir l'arrivée de l'eau dans les thalwegs pour limiter la pollution.

• Mise en pratique. Plantation en lignes jumelées en quinconce avec un grand rang d'au moins 3,6 m et un petit rang de 1,8 m. Si les travaux sont mécanisés, prévoir un grand intervalle d'au moins 4 m. Les lignes de plantation doivent former un angle fermé avec la plus grande pente (sauf sols sur cendres et ponces) et être éventuellement disposées en épis à l'amont

d’un thalweg.

• Remarques. Réduire uniquement la distance sur la ligne et non la largeur du petit rang. En secteur peu ensoleillé et sur les fortes pentes, planter en lignes simples. Quand un réseau de drainage aérien est installé, planter parallèlement à l’axe des fossés intraparcellaires. D’autres dispositifs sont testés comme la plantation en touffes (uniquement sur des terrains peu pentus), soit à densité constante (4 à 6 plants en cercle), soit à densité faible (recépage avant floraison et conservation de trois rejets), elle exige une maîtrise parfaite de l’œilletonnage précoce.

▸▸ Qualité et homogénéité du matériel végétal

• Limiter l’emploi des nématicides et des insecticides. Utiliser exclusivement des vitroplants (matériel sain et homogène). Vérifier la qualité des vitroplants : absence de variants visibles, absence de *Radopholus similis*, homogénéité.

• Assurer l’homogénéité de départ et de reprise. Planter des plants homogènes (en triant d’après la largeur de la dernière feuille des vitroplants), au moins par lignes jumelées. Enterrer les vitroplants 2 à 4 cm au maximum au-dessus du collet.

▸▸ Contrôle de l’enherbement

• Action. Éviter la compétition des adventices mais surtout la phytotoxicité des herbicides qui ralentissent la croissance des bananiers.

• Mise en pratique. Détruire les adventices avant la plantation des vitroplants, car ils sont très sensibles aux herbicides. Après mise en terre, n’utiliser que des herbicides de contact, avec un pulvérisateur-atomiseur disposant d’un cache, ou effectuer un désherbage mécanique ou manuel.

▸▸ ▸ Contrôle de la mosaïque en plage

• Action. Limiter le plus possible la contamination des plants par le virus de la mosaïque en plage (CMV) dans le mois suivant la mise en terre.

• Mise en pratique. Assurer un bon contrôle des adventices y compris à la périphérie des parcelles. Lorsque la replantation a

lieu en période de fortes pluies dans les zones où l'inoculum viral est très abondant, utiliser des vitroplants plus grands et couper leurs feuilles basales. Attention aux Commélinacées à proximité des plantations de bananiers.

Veiller à la fertilité du sol, obtenir un sol meuble et aéré

Fertilisation et apport d'amendements

L'objectif est d'améliorer la fertilité en stimulant l'activité biologique du sol et en favorisant la minéralisation.

• Actions. Réaliser des analyses de sol avant toute intervention et ajuster en priorité la réserve organique des sols.

• Mise en pratique.

Employer des composts locaux. Appliquer les composts (C/N élevés) issus de déchets verts ou de bagasses avec ou sans fientes de volailles (minimum 40 tonnes / ha) sur toute la surface, de préférence au moins un mois avant de planter (attention à la faim d'azote au départ).

Les engrais organiques(C/N faibles) sont utilisés à la dose de 2 à 4 tonnes / ha, au moins sur un mètre carré par plante (attention au C/N).

Les amendements minéraux sont apportés en tenant compte du type de sol. Fractionner en 2 ou 3 fois dans l'année (lixiviation importante du calcium puis du magnésium), sur toute la surface. Ne pas confondre avec la fertilisation calcique et magnésienne pour la nutrition de la plante.

Préparation du sol

• Actions. Optimiser les conditions de plantation en favorisant l'écoulement des eaux, limiter les risques d'érosion.

• Mise en pratique.

Réaliser des fosses d'observation avant toute intervention. Optimiser les possibilités d'enracinement tant en profondeur qu'en extension latérale.

Adapter les techniques de préparation aux caractéristiques physiques des sols. Travailler le sol en période favorable, sans être poussé par l'obligation de planter rapidement. Sur vertisol et sol à argiles gonflantes : décompactage croisé sur sol sec et

assaini, profilage des parcelles (planches bombées, sans mouillères) ; plantation à plat (sillonnage incompatible avec ce type de sol).
Sur sol fersiallitique, sol brun rouille, sol argileux : décompactage en conditions sèches ; travail à la rotobêche (si pente faible, pas de rocs) ; profilage (absence de mouillères) ; plantation à plat.
Sur andosol et sol sur cendre et ponce : éviter tout travail du sol sauf s'il faut détruire un horizon compacté (dans ces conditions, sous-solage et rotobêche). En cas de travail du sol avant plantation, respecter un délai d'un mois au moins entre ces deux travaux (foisonnement du sol).
• Dans le cas particulier des jachères enherbées entretenues (réalisation d'un paillis), les aménagements de base et le travail du sol sont réalisés à la mise en jachère.

Maîtriser l'évolution des peuplements de bananiers

La maîtrise de l'évolution du peuplement commence par la qualité de la plantation (mise en place, choix des plants, dispositif) et se poursuit par la qualité de l'œilletonnage. L'objectif est d'établir un système intensif, durable et économique. Pour cela, il faut maintenir la population de bananiers la plus homogène possible pour obtenir un retour de cycle rapide et un nombre de pieds productifs quasi constant le plus longtemps possible.

Conduite des populations

Il faut porter un maximum d'attention à ces pratiques, car leur résultat dépend essentiellement de la qualité du travail effectué.

▸▸ Remplacement après plantation

Pour maintenir la densité d'origine d'une population de bananiers et son homogénéité, il est indispensable de remplacer dès que possible, dans le mois suivant la plantation, les vitroplants chétifs ou crevés détectés par un passage à 2 et 4 semaines après plantation.

▸▸ Œilletonnage de sélection ou choix du rejet successeur

Pour minimiser la durée de retour de cycle (et augmenter le nombre de régimes récoltés par bananier et par an) et

maintenir un couvert végétal homogène (conserver l'alignement des plants), il est impératif de sélectionner le plus tôt possible le rejet successeur. Il faut aussi favoriser son développement.

• Actions. Choisir le meilleur rejet pour le premier cycle issu des vitroplants, obtenir un retour de cycle rapide, maintenir un nombre de plants productifs élevé au cours des cycles successifs.

• Mise en pratique. Très important : effectuer l'œilletonnage uniquement avec la gouge à asperge.

Pour le premier cycle, éliminer la 1re couronne quand le premier rejet ne dépasse pas 20 cm de hauteur, effectuer 2 passages à 2 semaines d'intervalle. Ensuite, sélectionner le successeur sur la 2e couronne lorsque le plus grand rejet ne dépasse pas 20 cm de hauteur.

Pour les autres cycles, choisir le rejet successeur dès le stade œilleton, au plus tard lorsque le plus grand rejet atteint 20 cm.

• Critères de sélection du rejet successeur. Choisir le rejet sur la ligne de plantation (vers le haut si la parcelle est en pente), présélectionner des œilletons dans un angle de 120° (éliminer tous les autres), puis, dans l'angle de 120°, choisir le rejet successeur le plus vigoureux et le mieux placé. Éliminer les autres œilletons 30 à 45 jours après la présélection.

• Remarque. Les dispositifs en cercle ou en touffe nécessitent un œilletonnage spécifique très rigoureux.

Œilletonnage d'entretien

Pour réduire la compétition entre rejets, il faut éliminer les rejets choux (à feuilles larges), les repousses éventuelles et les nouveaux rejets au moins toutes les 8 semaines. Si l'on pratique l'œilletonnage précoce à la gouge à asperge, il n'y a que des œilletons à détruire.

Recépage (ou cyclonage)

Le recépage de fin de cycle favorise le développement du rejet successeur des plants tardifs (non fleuris). En premier cycle, il doit être fait au plus tard lors de la récolte des premiers régimes du cycle. Pour les autres cycles, il faut opérer par des

passages réguliers, au moins 4 fois par an. Le recépage est pratiqué aussi pour orienter la période de la récolte suivante vers une date plus favorable.

Cas particuliers

• Plantation en touffes avec 4 à 6 plants sur un cercle. L'œilletonnage doit être particulièrement soigné pour éviter une baisse de densité. La sélection du 2e cycle se fait vers l'extérieur (dans l'axe centre du cercle- vitroplant planté). Les cycles suivants se font en tournant (tous dans le même sens).

• Plantation de faible densité (850 à 900 plants/ha). Sélectionner 3 rejets successeurs sur la 2e couronne. Le plant mère (vitroplant planté = 1er cycle) étant recépé lors de l'initiation florale, chacun de ces trois rejets produira un régime (2e cycle). Mais pour revenir à une densité normale, le rejet successeur pour le 3e cycle est sélectionné uniquement sur 2 de ces plants et on pratique l'œilletonnage total sur le 3e plant.

Raisonner l'irrigation et l'emploi des intrants

Les décisions à prendre au niveau de l'exploitation, – avant de programmer l'irrigation et l'emploi des intrants –, concernent aussi l'entretien général des parcelles, c'est-à-dire, la gestion des résidus de culture et la maîtrise de l'enherbement.

Il est conseillé de constituer une couverture du sol homogène grâce aux résidus de culture pour limiter l'enherbement et l'érosion en nappe. L'optimum est de répartir les résidus composés des pseudotroncs dépecés et des feuilles sur toute la surface ; pour la mécanisation et la circulation des ouvriers agricoles, il est plus pratique de disposer les résidus en andains dans le petit rang.

Par ailleurs, l'exploitant tente de réduire la concurrence des adventices tout en utilisant le moins possible d'herbicides. Il est ainsi recommandé de maintenir une couverture végétale régulière grâce à une bonne gestion des populations de bananiers, d'appliquer les produits au stade optimal (avant la floraison des adventices) et de fabriquer un paillis en cours de jachère. Le dispositif de plantation, la densité et la qualité de celle-ci ainsi que la maîtrise

de l’œilletonnage contribuent fortement à la réduction de l’enherbement.

Comment et quand irriguer ?

Les objectifs sont d’optimiser le rendement en limitant les stress hydriques, d’économiser l’eau, d’éviter les discontinuités hydriques dans le sol et d’adapter la fréquence et la dose au système d’irrigation et au sol.

Gestion de l’irrigation

• Actions.

Évaluer la nécessité d’irriguer. Bien vérifier qu’il n’y a ni excès ni déficit en eau en utilisant des tensiomètres, adapter les doses et fréquences aux caractéristiques hydriques des sols.

• Besoins d’irriguer.

L’irrigation est nécessaire si la pluviométrie annuelle est inférieure à 2 500 mm, avec moins de 35 mm par semaine. Elle est utile si la pluviométrie annuelle est inférieure à 3 000 mm avec moins de 35 mm par semaine.

• Choix. Il n’est pas exclusivement technique. Le système d’irrigation doit tenir compte des types de sol et de la topographie. Il faut envisager de gérer l’irrigation par type de sol et en fonction de la position topographique.

• Pilotage. Ni excès, ni déficit. La dose hebdomadaire indicative (Irrigation+pluie) est égale à 30 à 40 mm. Utiliser des tensiomètres (sauf sur argiles gonflantes), et des vannes dans chaque type de sol et selon la position topographique.

• Irrigation selon le type de sol. Sur andosols et sols sur cendres et ponces, chaque jour si le sol a été bien préparé. Sur sols sableux, 2 fois par jour, privilégier la nuit. Sur sols fersiallitiques, sols brun rouille, sols argileux, 2 fois par semaine, mais attention aux doses excessives. Sur vertisols, chaque jour avec une dose faible (2,5 à 3,5 mm). La sonde Theresa est en cours de test, mais il n’y a pas encore de système fiable de gestion de l’eau au niveau parcellaire.

Fertigation

• Actions. Régularité des apports (nutrition continue de la

plante), fractionner pour réduire les quantités (moindres pertes par lixiviation), économiser de la main-d'œuvre.

• Mise en pratique. Apporter la fertilisation la plus complète possible, réduire les quantités apportées de l'ordre de 20 % par rapport à la fertilisation manuelle. Fréquence : au moins une fois par semaine pour l'azote et 3 semaines sur 4 pour la potasse, au minimum une fois toutes les 4 semaines pour le Calcium, Magnésium, Phosphore.

Fertilisation et amendements

La gestion de la fertilisation et des amendements a pour but d'assurer une alimentation optimale, équilibrée et compatible avec la protection de l'environnement et d'améliorer la structure et la fertilité du sol.

Amendements minéraux

• Actions à prévoir. Décider des apports selon les résultats de l'analyse de sol. Améliorer la structure du sol, pour cela il faut maintenir le pH au moins à 5,3-5,5 ; le taux de saturation de la CEC entre 65 et 90 % ; l'équilibre entre les cations (K, Ca, Mg).

• Mise en pratique. Phosphates tricalciques apportés avant plantation sans enfouissement. Amendements calco-magnésiens : à fractionner en 3 fois par an sur sols de cendres et ponces, en 2 fois par an sur les autres types de sol. Amendements calciques sur vertisols : raisonner les apports selon l'analyse. Surveiller le rapport Ca / Mg.

Fertilisation après plantation des vitroplants

• Objectif. Favoriser une croissance rapide des vitroplants dans les 2 premiers mois après la plantation et apporter environ 20 % d'engrais supplémentaire par rapport aux cycles suivants.

• Mise en pratique. Pendant les 5 premières semaines : en première semaine (s1) 50 g DAP (18 N, 46 P_2O_5) ; en s3 et s5, entre 20 et 30 g d'urée (46 %) ou d'engrais équivalent en sulfate d'ammoniaque, ensuite passage à la fertilisation

d’entretien. Apporter l’équivalent de 100 g d’engrais de type 14.4.28, toutes les 3 à 4 semaines. Apporter 50 à 80 g de DAP aussitôt après l’élimination de la 1re couronne, pour favoriser le démarrage des rejets.

Fertilisation d’entretien

Commencer sept semaines après la plantation, calculer les apports en fonction des analyses de sol et de feuille.

• Actions prévues. Assurer la nutrition optimale de la plante à tous les stades de son développement en limitant, d’une part les excès et d’autre part les risques de lessivage et de pertes par ruissellement.

Améliorer la fertilité du sol. Adapter la fertilisation au type de sol et aux objectifs de rendements. Favoriser un retour de cycle rapide grâce à un bon démarrage des rejets.

• Mise en pratique. Réaliser des analyses de sol avant la plantation puis des analyses du sol et des feuilles une fois par an pour définir un programme de fumure d’entretien et d’amendement ; réajuster le pH et d’éventuels déséquilibres entre les cations (K, Ca, Mg) ; diagnostiquer des carences et d’éventuelles toxicités…

Le fractionnement optimal des apports d’azote est hebdomadaire, avec des doses appropriées au type de sol et à l’objectif de rendement. Le potassium peut être fourni moins fréquemment : tous les deux mois si la teneur du sol n’est pas au seuil minimal. Attention aux chlorures dans les sols de bord de mer, utiliser les formes nitrate ou sulfate. Fertilisation en Ca et Mg : à dissocier de l’aspect amendement du sol. Sur des sols autres que vertisols, apporter Ca et Mg tous les mois (250 kg CaO par hectare et par an et 90 à 120 kg de MgO par hectare et par an). Sur des vertisols, apporter uniquement Ca (sauf avis spécifique).

• Remarques. Application de DAP (ou équivalent) après la sélection du rejet successeur. Application d’oligo-éléments uniquement si les besoins sont justifiés. Favoriser l’emploi d’engrais organiques en particulier sur les sols à vie microbienne réduite.

Optimiser la qualité des fruits

Par les soins apportés aux fruits au champ, les objectifs sont d'améliorer la conformation des fruits, de favoriser leur croissance, de limiter les écarts de triage, de réduire les pertes par chute des régimes. De plus, ces interventions ont pour but de prévoir et d'organiser la récolte dans de bonnes conditions.

Soins aux fruits au champ

▸▸ Marquage et comptage des fleurs émises

Cette opération est fondamentale pour récolter un produit de qualité.

• Actions prévues. Repérage précis pour la décision de récolte, prévision de la récolte (nombre de régimes), organisation de la réalisation des soins aux régimes (nombre de régimes à travailler).

• Mise en pratique. Marquer et compter les fleurs deux fois par semaine et bien individualiser les repérages, marquage au stade fleur en tête de cheval.

▸▸ Entretien et dégagement des régimes

L'objectif est de réduire les écarts de triage en évitant tous les frottements sur les doigts. Pour l'entretien et le dégagement des régimes, un passage par semaine est une priorité absolue et doit commencer dès que les plants sont au stade fleur pointante.

▸▸ Gainage des régimes

• Objectifs. Limiter les dégâts de thrips, réduire l'inoculum *Colletotrichum* (anthracnose), améliorer la propreté des fruits, favoriser le grossissement des fruits

• Mise en pratique. Pratiquer un engainage très précoce, au plus tard au stade floraison tête de cheval (gaines longues, 20 cm au-dessous de la dernière main). Éviter absolument l'emploi d'insecticide contre les thrips pour ne pas détruire leurs prédateurs.

▸▸ Ablation des dernières mains femelles

• L'objectif est d'améliorer la croissance des doigts pour obtenir des fruits plus longs et plus gros à la récolte. À réaliser le plus tôt possible, effectuer l'ablation au plus tard au stade

fausse main horizontale, conserver un tire-sève.

• L’ablation précoce. En parcelles homogènes, décider d’un nombre de mains à conserver puis faire l’ablation dès que les mains sont découvertes, conserver un tire-sève, couper le bourgeon terminal (popote) en même temps que l’ablation des mains. Cette technique améliore les conditions de maturation et de récolte.

Haubanage

• Objectif. Limiter les pertes de régimes (chutes), maintenir la densité et l’homogénéité des populations de bananiers.

• Mise en pratique. Il est recommandé dans tous les cas, mais absolument indispensable si on observe plus de 1 % de bananiers tombés.

Recépage de fin de floraison

• Objectif. Stabiliser et équilibrer le peuplement de bananiers en maintenant l’homogénéité et donc le nombre de plants productifs.

• Mise en pratique. Éliminer les inflorescences médiocres dès la floraison, recéper des plants non fleuris au début de la récolte du cycle.

Récolte

L’objectif est de récolter au grade maximum compatible avec une qualité totale à l’arrivée en mûrisserie.

Critères de récolte

• Actions prévues. Optimiser le stade de récolte, pour une durée de vie verte garantie (sans mûr d’arrivage). Récolter à un grade maximum (poids optimum du régime) compatible avec l’absence de mûrs d’arrivage, un stade physiologique homogène pour obtenir une maturation homogène.

• Mise en pratique. Procéder au calcul des sommes de températures réelles au moins une fois par semaine, en fonction des zones pédoclimatiques. Moduler selon la présence de cercosporiose (moins de 4 feuilles à la récolte). Ne pas couper la veille de l’emballage. Exemple : cas de la

Martinique. Relevés de températures par sondes thermiques. Débuter la coupe à 1 000°C cumulés depuis la floraison au stade tête de cheval, ou 900 °C cumulés entre le stade dernière main découverte et la récolte (APFD). Pour les 1re et 2e semaines : coupe au grade > 32 mm de la dernière main, solde de la coupe des régimes à 1 200 °C (tête de cheval) ou 1 100 °C (APFD).

▸▸ Coupe et transport des régimes

Respecter les critères de coupe. Ne pas blesser les fruits, les blessures fraîches sont les grattages et les meurtrissures.

• Actions. Dans la parcelle, transport sur épaulières propres et non usées, sans saccades. De la parcelle à la station d'emballage, prévoir des remorques adaptées à la conformation des régimes, le transport vertical, garder une vitesse modérée et veiller à la qualité des pistes. Où cela est possible, le *cable way* est l'idéal.

• Mise en pratique. Couper le pseudotronc le plus haut possible à condition que cela soit compatible avec une réception du régime en douceur. Préférer la qualité avant la quantité.

Veiller à la qualité des fruits et au traitement des déchets au cours de l'emballage

Les objectifs sont de minimiser le taux de déchets tout en ayant des fruits de qualité régulière et de bon niveau. L'équipement de la station de conditionnement doit permettre d'optimiser les circuits d'eau et d'assurer le recyclage en eau propre (décantation, filtration, chloration), d'utiliser le moins possible de fongicides et de retraiter les solutions fongiques. L'exploitant doit aussi adopter des règles de protection des personnel et limiter la pollution du milieu naturel.

Qualité des fruits

▸▸ Contrôles de qualité des fruits

Pour valoriser le maximum de bananes en quantité et en qualité, mettre en place des contrôles de qualité au cours du conditionnement. Il est également nécessaire de compter le

nombre de régimes parcelle par parcelle, et par semaine de floraison, et de peser les régimes par parcelle.

Lutte contre le chancre

• Actions. Réduire la pression d'inoculum potentiel et les risques d'infestation, limiter les traitements postrécolte par une application efficace et homogène du fongicide.

• Mise en pratique. Mesures préventives prioritaires : soins aux fruits ; nettoyage et désinfection du hangar ; nettoyage des outils de découpe ; limiter les blessures sur les fruits. Maîtrise des techniques de traitement fongicide : préférer un système par atomisation en circuit fermé (économie d'eau et de produit, facilité de recyclage) ; contrôler les doses, les produits, le temps de contact, le débit des buses ; ajuster la concentration du fongicide en fonction du tonnage afin d'appliquer la même solution pendant une semaine.

Station de conditionnement

Traitement des eaux usées

• Actions prévues. Réduire les nuisances, économiser l'eau en recyclant l'eau de lavage des bananes, éliminer les fongicides des solutions de traitement postrécolte.

• Mise en pratique. Décanter, filtrer et chlorer l'eau de lavage des bananes. Recycler la solution de fongicide utilisée pendant une semaine (procédé Sentinel).

Gestion des déchets

Les objectifs sont de protéger le personnel des exploitations ainsi que l'environnement contre la pollution provenant des traitements et du conditionnement des bananes et de maintenir les caractéristiques esthétiques du cadre de vie.

• Action. Limiter les risques de pollution tant pour l'environnement que pour la santé.

• Mise en pratique. Récupérer les emballages des produits pesticides, ne pas laisser les produits non utilisés au champ.

Ramasser systématiquement les ficelles et les gaines dans les parcelles, les récupérer en station d'emballage (compaction

pour recyclage). Placer des poubelles pour tous les autres déchets.
Stocker les produits dans des locaux mis en conformité avec la législation : aire cimentée, compartimentation, aération ; absence de produits périmés ou non autorisés. Employer les produits avec précaution : se mettre en conformité avec la législation du travail, en particulier disposer d'une aire de préparation avec évacuation et douche, utiliser les protections vestimentaires recommandées (et leur entretien ou renouvellement) ; mettre en œuvre les contrôles de santé réguliers.

Assurer une gestion raisonnée des itinéraires techniques

La gestion des itinéraires techniques nécessite de choisir les techniques culturales en fonction de leur efficacité et des risques éventuels pour l'environnement. Pour cela, l'exploitant dispose d'outils de pilotage des itinéraires techniques de l'exploitation : tableau de bord, suivi technique au champ, données agronomiques et de récolte par parcelle, bilan de l'usinage.
L'objectif est d'optimiser, dans des conditions économiquement satisfaisantes pour l'agriculteur, chacun des éléments du polynôme : qualité + quantité + coût de production + protection de l'environnement. C'est-à-dire maintenir un peuplement de bananiers productifs le plus longtemps possible, produire des fruits de bonne qualité marchande (beaux, bons et sains), à un coût de production satisfaisant (rentabilité économique convenable), avec le moins possible de dégradation de l'environnement. Le planteur doit évaluer ses propres choix : en utilisant des indicateurs généraux de productivité et de durabilité (suivi des peuplements, incidence de la conduite de la plantation, de l'œilletonnage) ; en réalisant régulièrement un diagnostic agricole (en particulier le suivi de la nutrition du bananier par des analyses couplées du sol et des feuilles) ; en estimant les dégâts dus aux parasites (nématodes, charançons, cercosporiose...).
Il peut ainsi optimiser les travaux de la bananeraie dans un système d'agriculture raisonnée.

Gestion technique de la production

Tenir un tableau de bord
Visualiser les caractéristiques des parcelles et l'historique des

pratiques culturales (outils du Sig et logiciels de gestion technique parcellaire).

Suivi technique au champ

Il est indispensable et sert à fournir des outils d'aide à la décision pour la gestion technique en système d'agriculture raisonnée.

• Ajuster la fertilisation et maintenir la fertilité du sol : analyses de sol avant replantation ; analyses sol et feuille au moins une fois par an.

• Maîtriser la circulation de l'eau : installation de tensiomètres pour piloter l'irrigation et apprécier la qualité du drainage.

• Évaluer les populations de nématodes : comptage de nématodes tous les 4 mois. Vérifier l'assainissement avant de replanter.

• Suivre les populations de charançons : pièges à charançons (Sordidine) en continu, observation toutes les 1 à 2 semaines. Ajouter : décorticage tangentiel et décorticage des souches des bananiers tombés.

• Prévoir les attaques de cercosporioses : avertissement cercosporiose biologique, complété par les données météorologiques chaque semaine. Ajouter : contrôle des points « chauds » visuellement.

• Aider à la décision de récolte : sommes de températures en continu (utilisation des enregistreurs de température) pour la prévision de récolte ; observations parcellaires régulières en interaction avec les bilans de floraison-récolte hebdomadaires.

• Préciser les aménagements et les travaux de sol à réaliser : profils culturaux pour la définition des aménagements et travaux de préparation des sols avant plantation. À faire à la destruction de la bananeraie en cas de jachère ou en fin de rotation.

• Connaître en continu l'état de chaque parcelle : récapitulatif des interventions culturales par parcelle et par semaine.

Récapituler les données par parcelle

Parcelles, dates de plantation, densités, surfaces…

Comptage de fleurs

Prévoir les récoltes. Comptage de fleurs deux fois par semaine au stade tête de cheval et par parcelle.
Comptage régimes récoltés
Nombre de régimes (d'une semaine de floraison donnée) récoltés par parcelle et par semaine pour calculer le solde à couper (adaptation de la récolte suivante), vérifier l'homogénéité de la production, calculer les critères de productivité au champ.

Établir un bilan de l'usinage

• Actions. Contrôler la qualité de la production et la qualité en station d'emballage.
• Mise en pratique. Pesée des régimes à l'arrivée à la station (poids brut). Enregistrer le nombre de cartons par catégorie pour calculer le pourcentage de déchets et le rendement. Calculer le rapport poids net / poids brut (à préférer au rapport cartons / régimes).

Quels sont les enjeux du secteur de la banane ?

En dehors de l'aspect économique, les producteurs sont-ils prêts à adopter de nouveaux systèmes de culture ? Quels sont les freins à l'évolution des techniques de culture ?
Les risques de développement de nouveaux parasites et de maladies (par exemple, la cercosporiose noire) incitent les partenaires de la filière de la banane à rechercher des systèmes de culture pouvant faire face à de tels aléas, notamment avec des variétés résistantes. Mais aussi à trouver des solutions qui permettent de protéger en même temps la santé et l'environnement.
Par ailleurs, les exploitants ne sont pas tous sensibles au rôle de « gardien de la terre » qu'ils sont susceptibles d'assumer. C'est peut être le point où les avis sont des plus contradictoires selon que la gestion est assurée par le propriétaire ou par des fermiers. Cependant, les pressions exercées par des autorités nationales d'une part, et par les professionnels de la distribution de la filière de la banane (sous l'impulsion des consommateurs) d'autre part permettent un certain optimisme. Les professionnels de la filière de la banane sont de plus en plus sensibilisés et réceptifs aux problèmes de pollution et de protection de l'environnement. Ainsi, les propositions (qui figurent dans cet ouvrage) incluses notamment dans les recommandations de fertilisation, la

gestion de la protection phytosanitaire et la gestion des déchets et des effluents de l'atelier de conditionnement vont dans ce sens.
En outre, sur le plan économique, rappelons que les systèmes d'agriculture raisonnée doivent être à la fois rentables pour le producteur, économes en ressources, respectueux du patrimoine foncier et du milieu naturel, et acceptables par les professionnels de la filière et par les consommateurs. Néanmoins, la notion de prix équitables demande à être clarifiée. Ainsi, les régions ultrapériphériques de l'Union européenne rencontrent des difficultés économiques, car le prix de revient y est plus élevé que dans d'autres pays où le niveau de rémunération du travail est très bas. Vaste question qui dépasse le cadre de cet ouvrage.

Systèmes de culture durables, protection de l'environnement et bananes propres

Le développement durable répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins.
Il s'agit donc de prendre en compte les effets à long terme des systèmes hautement productifs sur l'environnement et sur le développement rural. Pour cela, une approche globale est indispensable, les chercheurs, les techniciens et les agriculteurs doivent associer les différentes fonctions interdépendantes, et l'évolution à long terme. Des choix préférentiels pour l'avenir doivent être formulés.
Les systèmes culturaux innovants, tels que l'agriculture raisonnée, l'agriculture biologique, le marché équitable, Eurepgap ou la certification selon des normes de qualité (ISO 9000/14001, SAN, Rainforest Alliance Certified, SA8000…), intègrent ces aspects.
Pour implanter et gérer une bananeraie, l'agriculteur peut, quant à lui, intervenir à trois échelles différentes : la conception des aménagements de base (l'exploitation), les systèmes de culture du bananier, la gestion des itinéraires techniques et la protection de l'environnement (gestion technique et le milieu). Selon ses contraintes et ses ressources, il peut alors adopter un système de production durable et prendre en compte les recommandations techniques, agronomiques de suivi de la production de la banane proposées tout au long de cet ouvrage.

Bibliographie

Anonyme, 1983. La banane dans les États ACP. Le Courrier 78 : 64-94.

Anonyme, 1998. Le petit livre de la banane. Fort de France, Fabre Domergue.

Appert M., 1933. Le bananier et sa culture. Maisonneuve et Larose, Paris, France.

Aubert B., 1968a. Étude préliminaire des phénomènes de transpiration chez le bananier. Application à la détermination des besoins en irrigation dans les bananeraies d'Équateur (1re partie). Fruits 23(7) : 357-381.

Aubert B., 1968b. Étude préliminaire des phénomènes de transpiration chez le bananier. Application à la détermination des besoins en irrigation dans les bananeraies d'Équateur (2e partie). Fruits 23(9) : 483-494.

Aubert B., 1973. Particularités anatomiques liées au comportement hydrique du bananier. Fruits 28(9) : 589 à 604.

Bedimo J.M., 2002. Le gainage précoce des régimes de bananes améliore la croissance des fruits et leur état sanitaire vis à vis de l'anthracnose *(Colletotrichum musae).* Fruits 58(2) : 71-81.

Bugaud C., Lassoudiere A., 2005. Variabilité de la durée de vie verte des bananes en conditions réelles de production. Fruits 60(4) : 227-236.

Chabrier C., Mauléon H., Bertrand P., Lassoudière A., Quénéhervé P., 2005. Banane antillaise : les systèmes de culture évoluent. Phytoma 584 : 12-16.

Chabrier C., Mauléon H., Quénéhervé P., 2002. Combination of *Steinernema carpocapsae* (Weiser) and pheromone lure : a promising strategy for biological control of the banana black weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) on bananas in Martinique. Nematology 4(2) : 190 à 191.

Champion J., 1963. Le bananier. Maisonneuve et Larose, Paris, France.

Champion J., 1967. Les bananiers et leur culture. Tome 1. Botanique et génétique des bananiers. Ifac (éd.), Paris, France.

Charpentier J.M., 1966. La remontée du méristème central du bananier. Fruits 21(3) : 103-119.

Charpentier J., Martin Prevel P., 1965. Culture sur milieu artificiel. Carences atténuées ou temporaires en éléments majeurs, carences en oligo-éléments chez le bananier. Fruits 20 : 521- 557.

Charpentier J.M., Martin Prevel P., 1968. Carences et troubles de la nutrition minérale chez le bananier. Ifac (éd.), Paris, France.

Chillet M., 2003. Incidence des conditions de croissance du fruit du bananier (*Musa* sp. AAAcv Grande Naine) sur sa sensibilité à l'anthracnose de

blessure due à *Colletotrichum musae* (Berck.and Curt.) Arx. Thèse. Cirad, Montpellier, France. 186 p.
Chillet M., De Lapeyre de Bellaire L., 1996. Élaboration de la qualité des bananes au champ. Détermination de critères de mesure. Fruits 51(5) : 317-326.
Cobamar, 2000. Le référentiel de la qualité. Fort de France, Cobamar.
De Langhe E., 1961. La phyllotaxie du bananier et ses conséquences pour la compréhension du système rejetonnant. Fruits 16(9) : 429 à 441.
De Lapeyre de Bellaire L., Nolin J., 1994. Amélioration du contrôle du chancre sur les bananes d'exportation et traitements post-récolte. Fruits 49(3) : 179-185.
Delaunay A., 2001. Eau et agriculture. Cahiers du Pram 1 : 9-12.
Deullin R., 1963. Mesure de la couleur de la pulpe de la banane en phase préclimatérique. Fruits 18(1) : 23-26.
Deullin R., Monnet J., 1960. Mesure de la plénitude de la banane. Fruits 15(5) : 205-221.
Dorel M., 1991. Problèmes de préparation des sols en bananeraie. Cas des sols à halloysite. Fruits 46(4) : 419-427.
Dorel M., 1993. Travail du sol en bananeraie : cas des andosols. Fruits 48(2) : 77-82.
Dorel M., Ozier-Lafontaine H., 1998. Pilotage de l'irrigation des bananeraies sur sols ferrallitiques et sols vertiques en Guadeloupe. Recherche d'indicateurs de l'état hydrique de la culture. Fruits 53(1) : 17-26.
Fafsea, 1999. Banane : récolte et conditionnement. Fafsea (éd.), Paris, France.
Fafsea, 2001. Banane : culture, entretien, soins aux régimes. Fafsea (éd.), Paris, France.
Ganry J., 1976. Recherche d'une relation entre la température mesurée sous abri et la température agissant au niveau des zones de croissance du bananier. Application au calcul d'une vitesse de développement. Fruits 31(10) : 587-598.
Godefroy J., 1967. Le sous-solage en bananeraie. Fruits 22(8) : 341-350.
Godefroy J., Dormoy M., 1983. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans les sols des bananeraies martiniquaises Fruits 38(5) : 373-387 ; 38(6) : 451-459.
Godefroy J., Dormoy M., 1988. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans le complexe sol-bananeraie-climat. Application à la

programmation de la fumure. II. Cas des sols volcaniques peu évolués de moyenne altitude. Fruits 43(3) : 133-141.
Godefroy J., Dormoy M., 1989. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans le complexe sol-bananeraie-climat. IV. Cas des sols bruns à halloysite. Fruits 44(1) : 3-12.
Godefroy J., Dormoy M., 1990a. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans un ferrisol de Martinique sous culture bananière. Application à la programmation de la fumure. Fruits 45(2) : 93-101.
Godefroy J., Dormoy M., 1990b. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans un sol d'alluvions argileuses montmorillonitiques de Martinique sous culture bananière. Application à la programmation de la fumure. Fruits 45(6) : 543-551.
Gracien D., 2003. Traitement et recyclage des eaux en station d'emballage de bananes. Cahiers du Pram 3 : 31-33.
Guillemot J., 1965. Les variations de l'azote minéral dans le sol et la morphologie des bananes. Fruits 20(9) : 483-504.
Irfa, 1980. La qualité de la banane : la réglementation française et son interprétation. Irfa (éd.), Paris, France.
Joas J., Malisart S., 2000. Incidence des conditions d'application sur l'efficacité des fongicides utilisés en post-récolte pour la banane. Fruits 56(6) : 383-394.
Jullien A., 2000. Croissance, développement et qualité des fruits du bananier (*Musa* spp. groupe AAAcv. Grande Naine). Modélisation de la répartition des assimilats entre les fruits du régime. Thèse. Ina PG-Cirad. Paris, France. 192 p.
Khamsouk B., 2001. Impact de la culture bananière sur l'environnement. Influence des systèmes de cultures sur l'érosion, le bilan hydrique et les pertes en nutriments sur un sol volcanique en Martinique (cas du sol brun rouille à halloysite). Thèse. Ensa Montpellier, France. 220 p.
Kwa M., 1993. Architecture, morphogénèse et anatomie de quelques cultivars de bananiers. Thèse. CRBP, Douala, Cameroun, Cirad, Montpellier, France. 287 p.
Lacoeuilhe J.J., Godefroy J., 1971. Un cas de carence en phosphore en bananeraie. Fruits 26(10) : 659-662.
Lassoudiere A., 1974. La mosaïque dite en tirets du bananier Poyo en Côte d'Ivoire. Fruits 29 : 349-357.
Lassoudiere A., 1977. Croissance et développement du bananier Poyo en

Côte d'Ivoire. Thèse. Irfa, Paris, France, Abidjan, Côte d'Ivoire. 112 p.
Lassoudiere A., 1978a. Le bananier et sa culture en Côte d'Ivoire. Première partie. Connaissance de la plante, interaction avec le milieu écologique. Abidjan, Côte d'Ivoire, Irfa (éd.), Paris, France.
Lassoudiere A., 1978b. Le bananier et sa culture en Côte d'Ivoire. Deuxième partie. Techniques culturales. Abidjan (Côte d'Ivoire), Irfa (éd.), Paris, France.
Lassoudiere A., 1979a. Comportement du bananier Poyo au second cycle. I-Rejetonnage et multiplication végétative. Fruits 34(11) : 645-658.
Lassoudiere A., 1979b. Comportement du bananier Poyo au second cycle. II-Aspects généraux. Fruits 34(12) : 713-728.
Lassoudiere A., 2004. Étude des risques de pollution d'origine agricole en Martinique et Guadeloupe. Évaluation de l'impact de pratiques culturales raisonnées sur la qualité de l'eau (partie Martinique). Rapport technique analytique final. Fort de France, Cirad-Pram (éd.). 101 p. + annexes.
Lecompte F., 2002. Mise en place de l'architecture racinaire du bananier dans un andosol. Effet des contraintes physiques liées au compactage. Thèse. Ina PG., Paris, France 113 p.
Loeillet D., 2005. Le commerce international de la banane : entre révolution et évolution. Fruitrop 129 : 2-19.
Maillard J., 1991. Le marché international de la banane, étude géographique d'un système commercial. Bordeaux, Presses universitaires de Bordeaux.
Marchal J., 1998. An overview of post-harvest aspects of banana. Acta horticulturae 490 :501-510.
Marchal J., Fouré E., 1983. Un cas de toxicité du manganèse chez les bananiers plantains au Gabon. Fruits 38(3) : 153-160.
Marchal J., Martin Prevel P., 1971. Les oligo-éléments Cu, Fe, Mn, Zn dans le bananier. Niveaux foliaires et bilans. Fruits 26(7-8) : 483-500.
Marie P., 1996. Références sol/plante nutrition minérale et hydrique du bananier aux Antilles. Fort de France, Cirad-Flhor (éd.).
Martin Prevel P., 1962. Les éléments minéraux dans le bananier et dans son régime. Fruits 17(3) : 123-128.
Martin Prevel P., Charpentier J.M., 1963. Culture sur milieu artificiel : Symptômes de carences en six éléments minéraux chez le bananier. Fruits 18(5) : 221-247.
Mestre J., 1997. Les recherches récentes sur le charançon des bananiers, *Cosmopolites sordidus* (Germar,1824) (*Coleoptera,* Curculionidae). Fruits

52(2) : 67-82.
Meyer J.P., 1980. Besoins en eau et irrigation des bananiers aux Antilles françaises. Fruits 35(2) : 95-99.
Mia M.A.B., 2005. High-yielding and quality banana production through plant growth-promoting rhizobacterial inoculation. Fruits 60(3) : 179-185.
Montagut G., Martin Prevel P., 1965. Essais sol-plante sur bananiers. Besoins en engrais des bananeraies antillaises. Fruits 20(6) : 265-281.
Odeadom, 2004. Recueil statistique banane. Bilan annuel 2003. Paris, Odeadom.
Rey F., 2001. Guide des principaux ravageurs et auxiliaires présents sur feuilles et régimes de bananes aux Antilles françaises. Fort de France (Martinique) : 4 p.
Rey F., 2001. Rouille argentée des bananes martiniquaises. Distribution et méthode de lutte. Fruits 57(1) : 3-10.
Sicabam, 1998. Le manuel du planteur. Fort de France, Sicabam.
Ternisien E., Ganry J., 1990. Rotations culturales en culture bananière intensive. Fruits 45 (spécial) : 98s à 102s.
Tixier P., 2004. Conception assistée par modèle de systèmes de culture durables. Application aux systèmes bananiers de Guadeloupe. Thèse. Ensa Montpellier, Cirad, Montpellier, France. 223 p.
Tomekpe K., 2004. Revue des stratégies d'amélioration conventionnelle de *Musa*. Infomusa 13(2) : 2 à 6.
Vilardebo A., 1973. Le coefficient d'infestation, critère d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* Germ. le charançon noir du bananier. Fruits 28(6) : 417 -426.
Wardlaw C.W., 1972. Banana diseases including plantain and abaca. London, Longmans (éd.).

Glossaire

Agriculture durable. Agriculture à la fois rentable pour le producteur, économe des ressources, respectueuse des milieux et acceptable.

Anoxie. Insuffisance d'oxygène au niveau de la surface racinaire.

Bande pulvinaire. Cellules localisées en bordure de la nervure centrale, sensibles aux variations de turgescence. On observe un repliement momentané des demi-limbes lorsque la feuille est en déficit hydrique.

Biomasse. Matière organique produite par les plantes. La partie restituée au sol est essentielle pour le maintien de la fertilité et contribue à la nutrition azotée.

Bouquet foliaire. Ensemble des feuilles vivantes d'un bananier.

Capacité au champ. Quantité maximale d'eau retenue dans le sol par capillarité (sol mouillé à saturation et drainant librement), au-delà de cette quantité, les cations sont lessivés.

Capacité de rétention en eau. Quantité d'eau disponible dans le sol pour les plantes.

Capacité d'échange cationique (CEC). Quantité maximale de cations échangeables pouvant être retenue par un sol. Variable selon le type de sol et sa dégradation (en milliéquivalents pour 100 g de sol sec, meq / 100 g).

Cigare. Feuille en cours de sortie du pseudotronc, avant son étalement complet.

Clone. Groupe de plantes provenant, par multiplication végétative, d'un seul individu.

Commerce équitable. Partenariat commercial visant à promouvoir le développement durable de producteurs exclus du commerce international dominant.

Cultivar (cv.). Variété cultivée.

Culture in vitro. Croissance à partir de minuscules parties d'une plante, en conditions aseptiques en milieu artificiel.

Cycle. Pour le bananier, temps nécessaire jusqu'à la récolte du régime. En premier cycle, il correspond au temps depuis la plantation jusqu'à la récolte du premier régime (R1), pour les cycles suivants, la durée du cycle est celle du temps écoulé entre deux récoltes successives.

Dégrain. Fragilité du pédicelle du fruit entraînant le détachement prématuré de la banane dès la sortie de mûrisserie.

Diagnostic agro-environnemental. Réalisation d'un état des lieux précis

(audit, évaluation) accompagné de recommandations.
Doigt. Un fruit ou une banane.
Dominance apicale. Inhibition plus ou moins forte de la croissance et du développement des bourgeons latéraux (rejets) par des hormones produites par le méristème terminal.
Durée de vie verte (DVV). Temps écoulé entre la récolte et le début de la phase climactérique.
Eau utile (RU). Réserve en eau du sol théoriquement utilisable par les plantes, comprise entre les valeurs de la capacité au champ et du point de flétrissement.
Eau facilement utilisable (RFU). Réserve en eau facilement utilisable par le bananier.
Ectoparasite. Parasite se développant à la surface de la plante.
Endoparasite. Parasite se développant à l'intérieur de la plante (par exemple, *Radopholus similis* dans les racines).
Entomopathogène. Espèces animales ou végétales attaquant un parasite (par exemple, un nématode parasitant les adultes du charançon du bananier).
Évapotranspiration (ET). Quantité d'eau perdue en un temps donné par le couvert végétal (transpiration) et le sol (évaporation).
Facteur édaphique. Incidence des propriétés du sol sur la culture.
Fertigation. Fertilisation par le système d'irrigation.
Filament précurseur. Appendice situé à l'extrémité apicale du cigare foliaire se fanant rapidement. La sortie du filament précurseur serait un indicateur de l'arrêt de la croissance de la gaine foliaire.
Germplasm ou ressources génétiques. Collection de diverses espèces et variétés servant de base à l'amélioration génétique (réservoir de gènes).
Géotropisme. Croissance d'un organe végétal en liaison avec les forces gravitaires. On peut observer un géotropisme négatif des parties végétatives chlorophylliennes.
Habitation. Terme antillais, équivalent d'exploitation agricole.
Héliotropisme. Croissance d'un organe végétal en liaison avec la lumière (bananes avec un héliotropisme positif).
Hermaphrodite. Fleur ayant les deux types d'organes reproducteurs normaux (mâles = étamines, femelles = ovules). Chez le bananier, les fleurs femelles (bananes = doigts) n'ont que des staminodes (sans anthère = sacs polliniques) et les fleurs mâles ont des ovaires réduits.
Hybridation. Création d'une plante (hybride) à partir de deux individus de

constitution génétique différente.
Indicateurs techniques. Paramètres objectifs permettant d'ajuster l'itinéraire technique et les réalisations techniques au terrain. Il s'agit de réaliser des actions à l'endroit opportun, au moment optimal, avec des moyens de travail et les produits adéquats.
Initiation florale. Passage du méristème apical de la phase végétative (production de feuilles) à la phase reproductive (production de mains de fleurs).
In vitro. En milieu artificiel (opposé à in vivo : à l'intérieur d'un organisme vivant).
Inoculum. Agent pathogène ou élément de celui-ci (spores, mycélium…) pouvant infecter une culture.
Main. Ensemble de deux rangées de fleurs du bananier implantées sur un coussinet.
Matière active (m.a.). Produit chimique actif dans un produit commercial (p.c.).
meq. Milliéquivalent.
1 équivalent = 1 000 meq = Poids atomique / valence ; 1 meq/ 100g = Cmol(+) / kg ; 1 meq Ca = 0,020 g de Ca. 1 meq K = 0,039 g de K ; 1 meq Mg = 0,012g de Mg.
Méristème. Massifs cellulaires assurant la multiplication des cellules. Le méristème apical (ou apex) se situe au sommet d'une pousse ou d'une racine. Chez le bananier, le méristème apical est d'abord végétatif puis reproductif (inflorescence).
Mbar. Millibar, mesure de pression.
1 mbar = 100 Pa (Pascal) ; 1 atmosphère = 1 013,25 mbar.
Monocotylédone. Plante avec un seul cotylédon, sans tissus ligneux (herbe), avec des nervures foliaires parallèles.
Mutation. Modification héritable d'un gène ou d'un chromosome.
Micropropagation. Multiplication végétative en conditions in vitro, à partir de très petits fragments tissulaires (et même de cellules détachées).
Monoculture. Pratique continue d'une même culture dans le même sol, sans rotation avec d'autres espèces ou jachère.
Mulch. Couverture végétale morte sur le sol (résidus de la culture ou apports de végétaux de l'extérieur).
Mûrs d'arrivage. Fruits mûrs (de couleur jaune) à l'entrée en mûrisserie, impropres à la commercialisation.

Mycorhize. Champignon non parasite vivant dans le sol en association symbiotique avec les racines. Effet pouvant être positif pour la plante.
Paillis. Apport de résidus végétaux frais, bruts, non décomposés.
Parasitisme tellurique. Parasitisme se développant dans le sol.
Parthénocarpie végétative. Formation de la banane sans fécondation donc sans graines.
pH. Indice d'acidité (concentration en ions hydrogène dans une solution de sol). En dessous de la valeur de pH = 7, neutre, ce sont des valeurs d'acidité et au-dessus valeurs alcalines.
Phénotype. Apparence physique d'un organisme, résultat des interactions entre le génotype (matériel génétique) et l'environnement (milieu au sens large).
Phéromone. Substance émise par un insecte pour attirer un (ou une) partenaire afin de se reproduire.
Phéromone d'agrégation. Substance émise par les charançons mâles attirant les adultes des deux sexes.
Phyllotaxie. Disposition des feuilles autour de la tige (souche, bulbe).
Point de flétrissement. Quantité minimale d'eau retenue par un sol, ne pouvant être utilisée par les plantes.
Polyploïdie. Ayant plus de deux séries complètes de chromosomes (3 génomes et plus). Les diploïdes (2 n) sont souvent séminifères.
Pseudotronc. Fausse tige du bananier formée de l'emboîtement des gaines foliaires et de la hampe florale en phase de reproduction.
Séminifère. Produisant des graines.
Seuil thermique. Température minimale de croissance. Pour la variété Grande naine, on considère que la croissance est quasi nulle au-dessous de 14°C.
Sordidine. Phéromone du charançon du bananier *(Cosmopolites sordidus)* synthétisée.
Souche. Vraie tige du bananier (bulbe, rhizome).
Stérilité gamétique. Absence ou non fonctionnement des gamètes (pollen et/ou ovule).
Stomate. Sur les feuilles, structure pluricellulaire assurant les échanges gazeux. Sortie de vapeur d'eau (transpiration) et échange de gaz carbonique et d'oxygène (photosynthèse).
Systémique. Produit pénétrant et circulant dans la plante. La systémie ascendante va des racines vers les feuilles, la systémie descendante va des

feuilles vers les racines.
Taux de saturation de la CEC. Quantité réelle de cations dans le sol par rapport à la capacité d'échange cationique (quantité maximale de cations retenue). Pour le bananier, la part relative de chaque cation (K, Ca, Mg) doit être respectée.
Tête de cheval. Position de l'inflorescence définissant le stade de début floraison. On dit « date de floraison au stade tête de cheval ».
Transpiration. Perte d'eau (vapeur) de la plante à travers les stomates.
Trace. Terme antillais, équivalent de piste ou chemin ; routes empierrées de l'exploitation servant à la circulation des tracteurs et autres engins agricoles.
Variant, variation somaclonale. Modification structurale des chromosomes s'observant en multiplication végétative par culture de tissu.
Verse. Chute des bananiers.
Vide sanitaire. Élimination rapide du parasitisme.
Vitroplant. Plantule de bananier provenant de la micropropagation in vitro.
Zone de Mangin. Interface de cellules donnant naissance aux bourgeons axillaires et aux racines (entre zone médullaire et zone corticale dans la vraie tige = souche).

Abréviations et sigles

A	Un génome *Musa acuminata*
AA	Bananiers diploïdes à deux génomes *Musa acuminata*
AAA	Bananiers triploïdes à trois génomes *Musa acuminata*
AAB	Bananiers triploïdes à deux génomes *Musa acuminata* et un génome *Musa balbisiana*
AB	Bananiers diploïdes à un génome *Musa acuminata* et un génome *Musa balbisiana*
ABB	Bananiers triploïdes à un génome *Musa acuminata* et deux génomes *Musa balbisiana*
Afaq	Association française pour l'assurance qualité
Afnor	Association française de normalisation
ACP	Pays émergents d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique
AOC	Appellation d'origine contrôlée (France)
AOP	Appellation d'origine protégée (Union Européenne)
APFD	Antépénultième feuille au stade « dernière main femelle du régime découverte ». Standard d'échantillonnage foliaire
B	Un génome *Musa balbisiana*
BB	Bananiers diploïdes à deux génomes *Musa balbisiana*
BPA	Bonnes pratiques culturales
BSV	Mosaïque en tirets *(Banana steak virus)*
CCE	Commission de la communauté économique (Union européenne)
CEC	Capacité d'échange cationique
Cirad	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (France)
CMV	Mosaïque en plage *(Cucumber Mosaïc Virus)*
C/N	Rapport carbone sur azote de la matière organique du sol
Cofrac	Comité français d'accréditation
DAP	Diammonium phosphate

DVV	Durée de vie verte des fruits, après récolte
EN	Norme européenne
ETM	Évapotranspiration maximale
ETP	Évapotranspiration potentielle
Eurep	Euro retailer produce working group
f.sp	forme spéciale d'un agent pathogène
Flo	Fairtrade labelling organisation international
f10	Première feuille dont la largeur du limbe est supérieure à 10cm
Fafsea	Fonds national d'assurance formation des salariés des exploitations et entreprises agricoles (France)
FAO	Food agricultural organisation
FOC	*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*
Gap	Good agricultural practice (équivalent du français BPA)
GMS	Grandes et moyennes surfaces de distribution
GPS	*Global positionning system*
IGP	Indication géographique protégée (France)
Inibap	International network for the improvement of banana and plantain
Iso	Fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation
MRN	Maladie des raies noires ou cercosporiose noire
NF	Norme française
OCMB	Organisation commune du marché de la banane (Union européenne)
OIT	Organisation internationale du travail
Pram	Pôle de recherche agronomique de Martinique
RFU	Réserve en eau du sol facilement utilisable par le bananier
RS	*Radopholus similis*
RU	Réserve en eau du sol utilisable par les plantes
SA	Social accountability
SAI	Social accountability international
San	Sustainable agriculture network
Sig	Système d'information géographique
sp.	Espèce
ssp.	Sous-espèce
ST	Somme de température

UE	Union européenne
°j	Degrés-jour. Cumul des températures journalières avec un seuil défini (en général 14°C)
Y	Premier cycle. Second cycle = 2Y, correspond à la production du second régime après plantation.

Réalisation, mise en pages : Éditions Quæ
Crédit photo
Toutes les photos sont de l'auteur A. Lassoudière, Cirad
sauf :
p. 34, figures 1 et 3 : R. Domergue, Cirad
p. 111, figure 4 : Ph. Tixier, Cirad
p. 155 figure 2 ; p. 169 figures 2 et 3 ; p. 175, figure 1 ;
p. 179, figures 5, 6 et 7 : Ch. Chabrier, Cirad

Impression : JOUVE, 75001 Paris
N° 430319H - Dépôt légal : juin 2007